



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ROBSON EDUARDO PEREIRA MONTEIRO

**EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DE DOENÇAS EM
PIMENTÃO**

AREIA

2024

ROBSON EDUARDO PEREIRA MONTEIRO

**EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DE DOENÇAS EM
PIMENTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Cordeiro do Nascimento

Coorientadora: Dr^ª. Hilderlande Florêncio da Silva

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M775e Monteiro, Robson Eduardo Pereira.

Extratos aquosos da fungicultura no manejo de
doenças em pimentão / Robson Eduardo Pereira Monteiro.

- Areia: UFPB/CCA, 2024.

73 f. : il.

Orientação: Luciana Cordeiro do Nascimento.

Coorientação: Hilderlande Florêncio da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Capsicum annuum L. 3. Severidade.
4. Controle alternativo. 5. Cogumelos. 6. Indução de
resistência. I. Nascimento, Luciana Cordeiro do. II.
Silva, Hilderlande Florêncio da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

ROBSON EDUARDO PEREIRA MONTEIRO

**EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DE DOENÇAS EM
PIMENTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

Aprovado em: 29 / 02 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA CORDEIRO DO NASCIMENTO**
Data: 04/07/2024 16:41:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a. Dr.^a. Luciana Cordeiro do Nascimento
Orientadora
(PPGA/UFPB/CCA)

Documento assinado digitalmente
 **GUILHERME SILVA DE PODESTÁ**
Data: 04/07/2024 10:51:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Guilherme Silva de Podestá
(UFPB/CCA/DFCA)

Documento assinado digitalmente
 **ELIDA BARBOSA CORREIA**
Data: 03/07/2024 17:34:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Élide Barbosa Corrêa
(UEPB/Campus II)

*Ao Autor e consumidor da minha fé, o meu Deus,
A minha querida esposa Gabriela Monteiro, a qual tem me apoiado e sido meu braço forte,
A minha amada mãe, Maria Martins, todos meus seis irmãos e toda minha família por todo
amor, carinho e apoio nos momentos difíceis de minha vida,*

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Ao que vive e reina, o meu Deus e meu Salvador. Toda honra e glória sejam dadas ao Senhor Jesus, o qual sempre esteve presente em minha vida, nos momentos mais difíceis. Graças ao Senhor que me chamou das trevas para a Sua maravilhosa luz, por Seu amor e misericórdia.

À minha amada mãe, Maria Martins, pela educação que me deu, mesmo com várias dificuldades enfrentadas, sempre me apoiou e nunca deixou de acreditar em mim.

Aos meus queridos irmãos que são poucos: Romário Martins, Rosely Martins, Rosivânia Martins, Randerson Queiroz, Rafael Silva e Iasmin Silva, bem como aos meus sobrinhos (as) Alicia Martins, Davi Martins, Isabela Martins e Amanda Martins, a existência de vocês me torna forte e é um privilégio fazer parte desta família que amo incondicionalmente.

À minha querida e amada esposa, Gabriela Monteiro, por todo carinho, amor, cuidado e compreensão, por cuidar tão bem de mim e sempre acreditar em meu potencial. *Gracias mi amor* por existir. Como também a sua família, nas pessoas de Rosemare Freitas, Rivaldo Freitas e Marjorye Barbosa por estarem comigo nos momentos difíceis e alegres que já passei e sempre me apoiarem.

Ao meu tio Sebastião Barbosa e primo Osvaldo Silva, pessoas que admiro e tenho como exemplo, os quais são primordiais no meu processo de formação.

Aos amigos que a universidade me proporcionou a turma de Agronomia 2016.2 “a mais unida do CCA”, por todo apoio, companheirismo e momentos de alegria.

À minha orientadora, Professora Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento, pela amizade, conselhos e por sempre acreditar em mim. A senhora tem contribuído com minha formação pessoal e profissional, sou grato à Deus por sua vida.

À minha coorientadora Dra. Hilderlande Florêncio da Silva e sua “*vidinha*” Edcarlos Camilo da Silva. Vocês têm feito e fazem a diferença em nosso meio, muito obrigado por todo ensinamento, companheirismo e amizade, vocês são presentes de Deus.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pelo acolhimento e oportunidade em contribuir com minha formação, por meio de estruturas e profissionais capacitados, bem como à CAPES, pelo apoio financeiro que foram essenciais para a conclusão deste curso.

Ao querido Dr. Rafael Zárate, um grande amigo que Deus me presenteou, respostas de oração, o qual mesmo distante, tem me apoiado e sempre acredita em mim, sou grato a Deus por sua vida.

À equipe do Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) pelo auxílio na execução dos experimentos e companheirismo: Gabriela Monteiro, Hilderlande Florêncio, Edcarlos Camilo, Silvana Nunes, Jakeline Florêncio, Matheus Cardoso, Háymik Nóbrega, Francisca de Souto, Analberto Nascimento, Severino Neto, Mariana Silva, Andreza Cunha, Iranilson Silva, Adiel Cruz, Magaly Costa, Thamillys Nascimento, Mirelly Coêlho, Otília Ricardo, Valdeir Souza, Lucimere Xavier e Clint Weine.

Aos convidados da banca Prof. Dr. Guilherme Silva de Podestá e Profa. Dra. Élide Barbosa Corrêa, grandes profissionais que tem meu respeito. Grato por todo auxílio, disposição e contribuição.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste sonho, sempre me apoiando e acreditando em meu potencial. Deus abençoe e retribua a cada um grandemente.

Muito obrigado!

MONTEIRO, R. E. P. Extratos aquosos da fungicultura no manejo de doenças em pimentão. 75f. Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Areia, PB. 2024.

RESUMO

O pimentão (*Capsicum annum* L.), é uma cultura de grande importância econômica, social e ambiental, a qual apresenta funcionalidade nutracêutica, com produção mundial superior à 36 milhões de toneladas. No entanto seu cultivo e produção podem ser severamente afetados por doenças como a antracnose (*Colletotrichum* spp.) e fusariose (*Fusarium* spp.) que podem inviabilizar a colheita e comercialização. Tratamentos alternativos aos fungicidas, como extratos da fungicultura (cogumelos e seu substrato pós-cultivo), tem demonstrado eficiência no controle de fungos e proteção de plantas. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência dos extratos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* e seus respectivos substratos gastos, no manejo de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp., bem como sua influência na atividade de enzimas ligadas à indução da resistência em plantas e frutos de pimentão. O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba. Os isolados de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. foram obtidos a partir de lesões sintomáticas de plantas e frutos de pimentão. Os tratamentos utilizados foram extratos aquosos dos cogumelos *P. ostreatus* (CPO), *L. edodes* (CLE), *G. lucidum* (CGL), substrato gasto de *P. ostreatus* (SPO), *L. edodes* (SLE) e *G. lucidum* (SGL), substrato sem o cultivo de cogumelos, todos na concentração de 10% (100 mL L⁻¹ de água), fungicida e testemunha (água destilada esterilizada). No teste *in vitro* os tratamentos foram diluídos ao meio de cultura BDA, em placas de Petri e sobre o mesmo, um disco de colônia pura tanto de *Colletotrichum* sp. (capítulo II) quanto de *Fusarium* sp. (capítulo III). Foram determinados o crescimento micelial, percentual de inibição de colônia, índice de velocidade de crescimento, esporulação e percentual de inibição de esporulação. Os frutos foram tratados pela imersão durante 5 minutos, sendo quatro repetições de dois frutos por tratamento. Após 24 h, foram inoculados com suspensão de *Colletotrichum* sp. e ao 14º dia realizadas as avaliações de severidade da doença com a quantificação de área lesionada por análise de imagem, com auxílio de software ImageJ. Para as análises pós-colheita, os frutos tratados, foram distribuídos em quatro períodos de armazenamento, com três repetições de dois frutos, por tratamento. Foram realizadas análises físico-químicas de perda de massa, firmeza, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT e vitamina C. No teste *in vivo*, as sementes foram tratadas e inoculadas por meio de contato direto com o micélio de *Fusarium* sp. e semeadas em vasos contendo substrato comercial. Foram analisadas altura de plantas, diâmetro de caule, volume de raiz, massa seca de raiz e parte aérea e a taxa de infecção. Ao final dos experimentos, foram coletadas partes dos frutos e folhas de cada repetição e determinadas a atividade enzimática da peroxidase, fenilalanina amônia liase e polifenoloxidase. Os extratos da fungicultura apresentaram influências sobre *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp., em que reduziram seu crescimento micelial e esporulação, bem como mantiveram a qualidade das plantas e pós-colheita dos frutos de *Capsicum annuum*. O extrato do cogumelo *Pleurotus ostreatus* reduziu o crescimento micelial tanto do *Colletotrichum* sp. quanto do *Fusarium* sp., o extrato do cogumelo *Lentinula edodes* e seu substrato pós-cultivo promove uma maior proteção, tanto nos frutos, como nas plantas de pimentão. Todos os extratos testados induzem a produção das enzimas peroxidase, fenilalanina amônia-liase e polifenoloxidase envolvidas na indução de resistência em plantas no manejo de patógenos.

Palavras-chave: *Capsicum annum* L.; severidade; controle alternativo; cogumelos; indução de resistência.

MONTEIRO, R. E. P. Aqueous extracts from fungiculture in the management of bell pepper diseases. 75f. Federal University of Paraíba (Master's dissertation in Agronomy). Areia, PB. 2024.

ABSTRACT

Peppers (*Capsicum annum* L.) are a crop of great economic, social and environmental importance, which has nutraceutical functionality, with worldwide production exceeding 36 million tons. However, its cultivation and production can be severely affected by diseases such as anthracnose (*Colletotrichum* spp.) and fusariosis (*Fusarium* spp.) which can make harvesting and marketing unfeasible. Alternative treatments to fungicides, such as fungiculture extracts (mushrooms and their post-cultivation substrate), have demonstrated efficiency in controlling fungi and protecting plants. Therefore, the objective of the work was to evaluate the efficiency of extracts from the mushrooms *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* and their respective spent substrates, in the management of *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp., as well as its influence on the activity of enzymes linked to the induction of resistance in pepper plants and fruits. The experiment was carried out in the Phytopathology Laboratory and in a greenhouse, belonging to the Agricultural Sciences Center, at the Federal University of Paraíba. Isolates of *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp. were obtained from symptomatic lesions of pepper plants and fruits. The treatments used were aqueous extracts of the mushrooms *P. ostreatus* (CPO), *L. edodes* (CLE), *G. lucidum* (CGL), spent substrate of *P. ostreatus* (SPO), *L. edodes* (SLE) and *G. lucidum* (SGL), substrate without mushroom cultivation, all at a concentration of 10% (100 mL L⁻¹ of water), fungicide and control (sterilized distilled water). In the *in vitro* test, treatments were diluted in PDA culture medium, in Petri dishes and on top of it, a disk of pure colonies of both *Colletotrichum* sp. (chapter II) and *Fusarium* sp. (chapter III). Mycelial growth, percentage of colony inhibition, growth speed index, sporulation and percentage of sporulation inhibition were determined. The fruits were treated by immersion for 5 minutes, with four repetitions of two fruits per treatment. After 24 h, they were inoculated with a suspension of *Colletotrichum* sp. and on the 14th day, disease severity assessments were carried out with quantification of the injured area by image analysis, with the aid of ImageJ software. For post-harvest analyses, the treated fruits were distributed into four storage periods, with three replications of two fruits per treatment. Physicochemical analyzes of mass loss, firmness, pH, soluble solids, titratable acidity, SS/AT ratio and vitamin C were carried out. In the *in vivo* test, the seeds were treated and inoculated through direct contact with the *Fusarium* mycelium sp. and sown in pots containing commercial substrate. Plant height, stem diameter, root volume, root and shoot dry mass and infection rate were analyzed. At the end of the experiments, parts of the fruits and leaves from each replication were collected and the enzymatic activity of peroxidase, phenylalanine ammonia lyase and polyphenol oxidase was determined. Fungiculture extracts had influences on *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp., in which they reduced their mycelial growth and sporulation, as well as maintaining the quality of the plants and post-harvest of *Capsicum annuum* fruits. *Pleurotus ostreatus* mushroom extract reduced mycelial growth of both *Colletotrichum* sp. as well as *Fusarium* sp., the extract of the *Lentinula edodes* mushroom and its post-cultivation substrate promotes greater protection, both in fruits and pepper plants. All extracts tested induce the production of the enzymes peroxidase, phenylalanine ammonia-lyase and polyphenoloxidase involved in inducing resistance in plants in pathogen management.

Keywords: *Capsicum annum* L.; severity; alternative control; mushrooms; resistance induction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes da planta de pimentão, Fonte: Autoria própria.....	16
Figura 2. A: Cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> ; B: Cogumelo <i>Lentinula edodes</i> ; C: Cogumelo <i>Ganoderma lucidum</i> . Fonte: www.ringana.com.	21
Figura 3. Sistema produtivo de cogumelos. Adaptado de Zárate-Salazar et al. (2020).	22
Figura 4. Área lesionada em frutos de pimentão (<i>Capsicum annuum</i>) inoculados com <i>Colletotrichum</i> sp. e tratados com extratos da fungicultura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo <i>Ganoderma lucidum</i> , CLE: Cogumelo <i>Lentinula edodes</i> , CPO: Cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> , SGL: Substrato <i>Ganoderma lucidum</i> , SIN: Substrato in natura, SLE: Substrato <i>Lentinula edodes</i> , SPO: Substrato <i>Pleurotus ostreatus</i> , TBZ: Fungicida Amistar® (0,14 g L ⁻¹ água) e TST: Testemunha (ADE).	44
Figura 5. Taxa de infecção (TI) de <i>Fusarium</i> sp. em plantas de pimentão (<i>Capsicum annuum</i>) oriundas de sementes inoculadas e tratadas com extratos da fungicultura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo <i>Ganoderma lucidum</i> , CLE: Cogumelo <i>Lentinula edodes</i> , CPO: Cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> , SGL: Substrato <i>Ganoderma lucidum</i> , SIN: Substrato in natura, SLE: Substrato <i>Lentinula edodes</i> , SPO: Substrato <i>Pleurotus ostreatus</i> , TBZ: Fungicida Tecto® (2 mL L ⁻¹ de água) e TST: Testemunha (ADE).....	65
Figura 6. Atividade enzimática da peroxidase (POX), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônio-liase (FAL) em plantas de pimentão (<i>Capsicum annuum</i>) oriundas de sementes inoculadas com <i>Fusarium</i> sp. e tratadas com produtos alternativos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo <i>Ganoderma lucidum</i> , CLE: Cogumelo <i>Lentinula edodes</i> , CPO: Cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> , SGL: Substrato <i>Ganoderma lucidum</i> , SIN: Substrato in natura, SLE: Substrato <i>Lentinula edodes</i> , SPO: Substrato <i>Pleurotus ostreatus</i> , TBZ: Fungicida Tecto® (2 mL L ⁻¹ de água) e TST: Testemunha (ADE).....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perda de massa (PM), firmeza (FM), teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.) tratados com extratos da fungicultura e avaliados em quatro períodos de armazenamento.	45
Tabela 2. Médias da interação para potencial hidrogeniônico (pH) e vitamina C em frutos de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.) tratados com extratos da fungicultura e avaliados em quatro períodos de armazenamento.	46
Tabela 3. Atividade enzimática da peroxidase (POX), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônio-liase (FAL) em frutos de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.) tratados com extratos da fungicultura.....	48
Tabela 4. Comprimento (CR) e volume de raízes (VR) e massa seca da parte aérea (MSA) e raízes (MSR) de plantas de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.) oriundos de sementes inoculadas com <i>Fusarium</i> sp. e tratadas com extratos da fungicultura.....	66

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I - EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DE DOENÇAS EM PIMENTÃO.....	12
1.1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral.....	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
1.3.1	Aspectos gerais e produtivos da cultura do pimentão	16
1.3.2	Principais doenças do pimentão	18
1.3.3	Manejo de doenças em plantas com agrotóxicos.....	19
1.3.4	Manejo alternativo de doenças em plantas.....	20
1.3.5	Extratos da fungicultura	20
1.3.6	Indução de resistência de plantas à patógenos	23
	REFERÊNCIAS	25
2	CAPÍTULO II - EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DA ANTRACNOSE EM PIMENTÃO.....	33
2.1	INTRODUÇÃO	36
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	37
2.2.1	Localização do experimento.....	37
2.2.2	Obtenção do isolado de <i>Colletotrichum</i> sp.	37
2.2.3	Preparo dos extratos	37
2.2.4	Controle de <i>Colletotrichum</i> sp. isolado de pimentão <i>in vitro</i>	38
2.2.5	Controle <i>in vivo</i> de <i>Colletotrichum</i> sp. em frutos de pimentão	39
2.2.6	Análises físico-químicas.....	39
2.2.7	Análise enzimática	40
2.2.8	Delineamento experimental e análise estatística	41

2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
2.4	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
3	CAPÍTULO III - MANEJO DA FUSARIOSE EM PIMENTÃO COM EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA	54
3.1	INTRODUÇÃO	57
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	58
3.2.1	Localização do experimento.....	58
3.2.2	Obtenção do isolado de <i>Fusarium</i> sp.....	58
3.2.3	Preparo dos extratos	58
3.2.4	Experimento <i>in vitro</i>	59
3.2.5	Experimento <i>in vivo</i>	60
3.2.6	Avaliações de características morfoagronômicas	60
3.2.7	Análise da atividade enzimática	61
3.2.8	Delineamento experimental e análise estatística	62
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.4	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	70

1 CAPÍTULO I
EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DE DOENÇAS EM
PIMENTÃO

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

O pimentão (*Capsicum annum* L.), pertencente à família *Solanaceae*, é uma planta nativa das Américas, apresentando funcionalidade nutracêutica, com a presença de nutrientes, proteínas, vitaminas, fibras, minerais, além de propriedades medicinais devido à existência de fitoconstituintes como fenóis, flavonoides e outros metabólitos secundários (BATIHA et al., 2020; DOGAN; SELCUK; ERKAN, 2016a; GUILHERME et al., 2020).

No ano de 2022 a produção de pimentão e pimentas (*Capsicum annum* L.) foi superior a 36 milhões de toneladas com destaque para a China com uma produção de mais de 17 milhões de toneladas (FAO, 2022). Já no Brasil, a produção de pimentão para o ano de 2017 foi superior a 200 mil toneladas, com um mercado avaliado em mais de 54 milhões de reais, demonstrando a valorização desta cultura (IBGE, 2017).

No entanto, um dos principais fatores limitantes no cultivo dos pimentões são as doenças, com destaque para a antracnose (*Colletotrichum* spp.) e fusariose (*Fusarium* spp.) (SHARMA et al., 2022). Estes patógenos podem infectar todas as partes da planta, desde as sementes até os frutos já formados, causando sérios danos, inviabilizando a produção e comercialização (AHMAD et al., 2022; GO et al., 2019).

O controle químico, usado mundialmente, tem reduzido a severidade de doenças em plantas (PRUTHVIRAJ et al., 2024), no entanto, seu uso contínuo e irracional, tem causado grandes prejuízos tanto ao meio ambiente com a contaminação dos solos, rios, fauna e flora, além de promover o surgimento de fitopatógenos resistentes a fungicidas, quanto à saúde humana, causando intoxicações e até doenças mais graves como câncer (FATUNSIN et al., 2020; LIMA et al., 2023).

O uso de produtos alternativos, tem demonstrado eficácia no controle de doenças, como o uso de óleos essenciais (OLINTO et al., 2023), uso de antagonistas (MOURA et al., 2022), extratos vegetais (YANPING et al., 2023), como também extratos de cogumelos, os quais possuem propriedades que agem diretamente sobre o patógeno ou induzem a planta a ativar seus mecanismos de defesa (WISETSAI et al., 2023).

A ativação das enzimas relacionadas patogênese (indução de resistência), desencadeia o acúmulo de certos componentes de sinalização, por meio da interação dos hormônios com as vias de sinalização imunológica das plantas, o que influencia a intensidade da resposta dos genes de defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos (KHALIL; YOUSSEF, 2024).

Neste sentido, o uso de elicitores em plantas estimula seu sistema de proteção, com a ativação de mecanismos latentes de defesa já existentes, possibilitando a expressão de respostas morfológicas, fisiológicas no controle de fitopatógenos, conforme demonstrado por Shasmita et al. (2023).

A expansão da fungicultura, setor que engloba o cultivo de cogumelos, tem gerado uma grande quantidade de substrato gasto pós-cultivo, tido como rejeito da produção, o qual se destaca como matéria prima funcional, apresentando propriedades biológicas com potencialidade atuante nos mecanismos de defesa das plantas (CRUZ et al., 2019).

Como no controle de *Fusarium* sp. e *Corynespora* sp. em plantas de *Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*, quando utilizado extratos aquosos de resíduo do processamento do cogumelo *Lentinula edodes* (FRANCO et al., 2022). E no controle de nematóides e indução de resistência em plantas de tomateiro quando aplicados extratos de *Pycnoporus sanguineus* (BARBOSA et al., 2022).

Além de ser uma alternativa ecológica na produção de alimento de qualidade com valor agregado, o substrato pós-cultivo de cogumelos, pode promover uma solução sustentável para a gestão de resíduos, com uso na proteção de plantas, contribuindo para a economia circular (SINGH et al., 2021).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Avaliar a eficiência de extratos aquosos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* e seus respectivos substratos pós-cultivo, no controle de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. em pimentão.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a ação dos extratos da fungicultura sobre o crescimento micelial e esporulação de *Colletotrichum* sp. *in vitro*;
- Determinar a eficiência dos extratos da fungicultura no manejo do *Colletotrichum* sp. na qualidade pós-colheita de pimentão;
- Avaliar a ação dos extratos da fungicultura sobre o crescimento micelial e esporulação de *Fusarium* sp. *in vitro*;
- Determinar a eficiência dos extratos da fungicultura no manejo de *Fusarium* sp. em plantas de pimentão;
- Quantificar a atividade enzimática da peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase em plantas e frutos de pimentão tratados com extratos da fungicultura.

1.3 REVISÃO DE LITERATURA

1.3.1 Aspectos gerais e produtivos da cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annum* L.) (Figura 1), é uma planta nativa das Américas, sendo considerado o centro primário de origem o México e América Central. Pertencente à família *Solanaceae*, a planta apresenta porte arbustivo, caule semilenhoso, que pode alcançar mais de um metro de altura, o fruto é classificado como do tipo baga oca, que possui polpa firme, podendo apresentar variação de cores desde verde e branco até amarelo, laranja e vermelho, como também diferentes formas e níveis de doce e picante dependendo da variedade (BAENAS et al., 2019; GUILHERME et al., 2020).

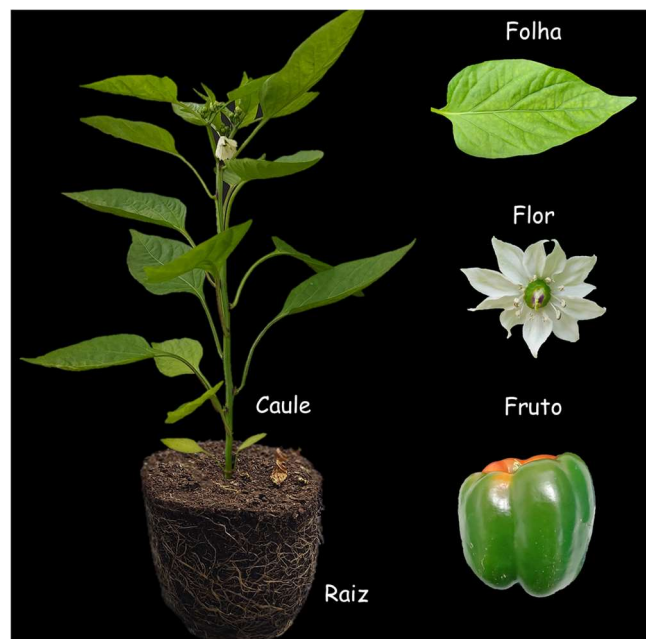


Figura 1. Partes da planta de pimentão, Fonte: Autoria própria.

Esta hortaliça é utilizada principalmente com fins culinários e apresenta propriedades nutraceuticas, tendo em sua composição, proteínas, vitaminas (A, B1, B2, B3, B6, C), fibras, minerais e fitoquímicos, como fósforo, cálcio, zinco, potássio, magnésio entre diversos outros (CISTERNAS-JAMET et al., 2020). O pimentão também apresenta propriedades medicinais devido à presença de fitoconstituintes como flavonoides, carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos, além de atividades anti-inflamatórias e antimicrobianas (BATIHA et al., 2020).

Uma das importantes propriedades biológicas presentes no pimentão, refere-se a sua capacidade de atuar como antioxidante na redução do estresse oxidativo, o que leva à prevenção de diversas doenças degenerativas (PATIL et al., 2023). Os compostos funcionais apresentam propriedades antimicrobianas, especialmente contra microrganismos patogênicos, além de

apresentar funcionalidade nutracêutica com eficácia anticancerígena e cardiopreventiva, também se destacam como agentes antienvhecimento, presentes em cosméticos por meio de óleos essenciais (AKHTAR et al., 2021).

O pimentão é comumente cultivado tanto em campo aberto, quanto em estufas, em sistema protegido, o que possibilita a produção fora das áreas típicas de cultivo, além de possibilitar um melhor controle dos tratos culturais e das condições ambientais (KABIR et al., 2022). A cultura é muito exigente quanto a fertilidade do solo, principalmente potássio, cálcio, nitrogênio, magnésio e fósforo, o que se faz necessário adubações corretivas, de acordo as exigências da cultura, quanto a irrigação, a planta requer níveis de disponibilidade hídrica próximos a capacidade de campo, sendo a adubação e irrigação um dos fatores limitantes para o aumento da produtividade e aumento na qualidade dos frutos (CARDOZO et al., 2016)

A cultura do pimentão é fortemente valorizada e cultivada em todo o mundo, tanto em grande escala, em agricultura convencional, como também sendo constituído fonte de renda para a agricultura familiar (ABDELKHALIK et al., 2020). A produção gera empregos diretos e indiretos ao longo da cadeia de abastecimento, incluindo agricultores, trabalhadores rurais, distribuidores, atacadistas, varejistas e exportadores (TRECHA et al., 2017).

A produção mundial de pimentão e pimentas no ano de 2022 foi estimada em mais de 36 milhões de toneladas (36.972.494,42 ton) com destaque para a Ásia (67,30%), as Américas (12,87%) e a Europa (10,18%) com as maiores produções, com foco na China, a qual lidera a em quase metade da produção mundial, com aproximadamente 17 milhões de toneladas (45,54%), seguida pelo México (8,42%), Indonésia (8,17%) e a Turquia (8,16%) (FAO, 2022).

No Brasil, a cultura do pimentão possui grande importância econômica e social, estando entre as dez hortaliças mais produzidas, com uma produção superior à 200 mil toneladas (224.286 ton), com destaque para o estado de São Paulo (50,17%) como maior produtor, seguido de Minas gerais (16,47%) e Rio de Janeiro (9,58%), integrando um dos mais importantes setores do país, gerando emprego e renda (IBGE, 2017). Em conformidade com os dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, os lucros que o Brasil teve com a exportação de pimentão em 2022 superou US\$ 700 mil, referentes a 350 toneladas do fruto, sendo 7% maior comparado com o ano de 2021 em que foi exportado 280 toneladas se totalizando US\$ 502 mil de lucro (TAVARES, 2023).

1.3.2 Principais doenças do pimentão

O pimentão necessita de um manejo adequado, onde diversos fatores podem comprometer sua produção e qualidade, sendo responsáveis pelo baixo rendimento da cultura, como a escolha da variedade, condições edafoclimáticas, técnicas de manejo, adubação, irrigação, como também a incidência de pragas e doenças (TRECHA et al., 2017; VIEGAS, 2016).

A maioria das doenças são transmitidas através de sementes infectadas e/ou contaminadas, causando perdas acentuadas que vão desde o campo, com a não germinação das sementes, tombamento das plantas, danos nas folhas e ramos, até na pós-colheita com a podridão dos frutos, inviabilizando a produção, podendo ser causadas por fungos, vírus, bactérias e nematoides (BORGES et al., 2022; KUMAR et al., 2017). As principais doenças que atacam a cultura de *C. annuum* são antracnose (*Colletotrichum* spp.) (SAINI et al., 2021), fusariose (*Fusarium* spp.) (CHOWDHURY; MAJUMDAR; MANDAL, 2020), requeima do pimentão (*Phytophthora capsici*) (PICCINI et al., 2019), podridão mole (*Dickeya dadantii*) (ALMEIDA et al., 2020), viroses, entre outras.

Antracnose

Dentre as doenças que atacam o pimentão, a antracnose se destaca como uma das mais severas e destrutivas. Causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, pertence ao Filo Ascomycota, Classe Sordariomycetes, Ordem Glomerellales, Família *Glomerellaceae* (INDEX FUNGORUM, 2024; VASCONCELOS et al., 2018).

Diversas espécies de *Colletotrichum*, como *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *C. capsici* entre outras, podem infectar a planta em diferentes estágios de desenvolvimento, como na fase vegetativa, reprodutiva e pós-colheita, como em diversas partes da planta, como nas folhas, ramos, flores, frutos em formação e/ou maduros (CARBONI, 2018). A infecção ocorre por meio da formação de um apressório, o qual se desenvolve a partir da germinação esporádica, ocorrendo em seguida a penetração direta e o rompimento da parede celular epidérmica (VELOSO et al., 2022).

A antracnose causa maiores danos principalmente em períodos chuvosos, quando as condições de temperatura e umidade são ideais para o desenvolvimento do patógeno, o qual é comumente disseminado por meio de sementes infectadas e por respingos de água provenientes da chuva ou irrigação (BECKER, 2015). Os danos causados por *Colletotrichum* spp. em

pimentões, apresentam maior severidades nos frutos, iniciando-se por manchas circulares aquosas e ao se agravarem tornam-se necróticas, deixando-os impróprios para o mercado, afetando diretamente a quantidade e qualidade com perdas de até 100% (ARORA et al., 2024).

Fusariose

A fusariose ou murcha de fusário, é causada por fungos do gênero *Fusarium*, pertencente ao Filo Ascomycota, Classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales, Família *Nectriaceae* (INDEX FUNGORUM, 2024).

O *Fusarium* spp. é considerado um dos gêneros mais importantes mundialmente, devido à sua agressividade (DIHAZI et al., 2021). Sabe-se que muitas espécies de *Fusarium* são capazes de causar infecções graves em plantas, animais e até seres humanos (TAVEIRA et al., 2017). Espécies de *Fusarium* em pimentão, como *F. solani*, *F. capsici*, *F. oxysporum*, podem ocorrer em qualquer estágio da cultura, infectando o sistema radicular das plantas, interrompendo o transporte de água pelo xilema, do mesmo, além de serem capazes de produzir micotoxinas que podem matar a célula hospedeira ou desativar as funções celulares, ocasionando o apodrecimento e levando a morte da planta hospedeira (ROCHA et al., 2016).

Uma vez introduzido no campo, *Fusarium* spp. sobrevive entre as estações de cultivo como saprófita em restos de plantas ou, por décadas no solo, por meio de estruturas de resistência, denominadas de clamidósporos, os quais são facilmente disseminados tanto a longa ou a curta distância, por sementes e mudas infectadas (ABDALLA et al., 2024). Já em curtas distâncias a disseminação ocorre pelo vento, água, tratos culturais, mudas contaminadas, implementos agrícolas, máquinas, madeiras e solos infectados (RAZA et al., 2024).

Para as espécies deste gênero, a principal característica morfológica é a produção de esporos em três formas (que são seus conídios), estes podem ser divididos em macroconídios, microconídios e mesoconídios (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Outra característica deste gênero é a capacidade em produzir estruturas de resistência conhecidas como clamidósporos que garantem a sobrevivência do patógeno em condições adversas, por vários anos (O'DONNELL et al., 2013; CASTRO, 2014).

1.3.3 Manejo de doenças em plantas com agrotóxicos

O uso de fungicidas sintéticos tem sido eficiente no controle de doenças de plantas causadas por fungos fitopatogênicos (DERESA; DIRIBA, 2023). No entanto, seu uso contínuo

e muitas das vezes errôneo, tem causado grandes prejuízos ao meio ambiente com a contaminação dos solos, rios, fauna e flora, além de promover o surgimento de cepas de fitopatógenos resistentes a fungicidas (LIMA et al., 2023; SCHEDENFFELDT et al., 2024).

A utilização de agrotóxicos no mundo tem aumentado em mais de 40% nos últimos 20 anos, passando de 2.179.949,94 toneladas em 2001, para mais de 3.535.374,64 toneladas em 2021, sendo as Américas o continente que mais utiliza (44,9%), com destaque para o Brasil com mais de 700 mil toneladas (FAO, 2022). Pela sua alta acumulação no meio ambiente e sua baixa degradabilidade, as moléculas constituintes de fungicidas sintéticos têm sido associadas a doenças humanas crônicas em cenários de ingestão ou exposição, além da destruição da camada de ozônio, o que pode constituir danos irreparáveis à biodiversidade (BHANDARI; YADAV; SARHAN, 2021).

Segundo Noblat et al. (2021), em dados pesquisados na Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO), mais de 70% dos alimentos *in natura* consumidos no país estão contaminados por agrotóxicos, onde as culturas que apresentam uma maior quantidade de resíduos de substâncias proibidas e fertilizantes são pimentão (92%), morango (63%) e pepino (57%).

1.3.4 Manejo alternativo de doenças em plantas

No tocante à segurança alimentar com o consumo de alimentos naturais, a sustentabilidade e a busca por alternativas frente ao uso de produtos químicos no controle de doenças em plantas, alternativas de manejo de doenças de plantas vêm sendo difundidas (MAKHUVELE et al., 2020; REMBISCHEVSKI et al., 2022).

Pesquisas vem sendo desenvolvidas e novos produtos ganhando espaço e demonstrando eficácia no controle de doenças, como o uso de termoterapia (MEDEIROS et al., 2023; SOUZA et al., 2021), uso de óleos essenciais (OLINTO et al., 2023; SOUZA et al., 2022), uso de antagonistas (controle biológico) (CRUZ et al., 2022; MOURA et al., 2022), uso extratos vegetais (LEITE et al., 2020; YANPING et al., 2023), como também extratos de cogumelos, os quais possuem propriedades que agem diretamente sobre o patógeno ou induzem a planta a ativar seus mecanismos de defesa (BARBOSA et al., 2022; WISSETSAI et al., 2023).

1.3.5 Extratos da fungicultura

A fungicultura é o ramo agroindustrial que se refere a produção de cogumelos, espécies de fungos também conhecidas como macrofungos (AHMAD et al., 2023), esta cultura vem

ganhando grande destaque no agronegócio, onde nos últimos anos, tornou-se um ativo estratégico para conservação e manejo dos ecossistemas em vários países e como uma alternativa para geração de trabalho e renda (MARTÍNEZ-IBARRA et al., 2019).

Os principais cogumelos cultivados são os comestíveis, como o shimeji (*Pleurotus ostreatus*) e shitake (*Lentinula edodes*), e os medicinais como o cogumelo rei (*Ganoderma lucidum*) (Figura 2), os quais além de possuírem alto valor proteico, apresentam diversas propriedades nutricionais, terapêuticas e medicinais, como os mecanismos de ação relacionados ao sistema imune (SÁNCHEZ; ROYSE, 2017; ZHANG et al., 2020).



Figura 2. A: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*; B: Cogumelo *Lentinula edodes*; C: Cogumelo *Ganoderma lucidum*.
Fonte: www.ringana.com.

Ao final da cadeia produtiva de cogumelos (Figura 3), se tem a geração do substrato gasto, também conhecido como SMS (*Spent Mushroom Substrate*) ou SGC (Substrato Gasto de Cogumelos). Com a produção mundial de cogumelos, estima-se uma geração de mais de 200 bilhões de kg de SMS onde, para cada quilograma de cogumelo colhido, se produz aproximadamente 5 quilogramas de SMS (CARRASCO et al., 2018; LEONG et al., 2022).

Apesar deste substrato possuir diversas aplicações, como alimento para animais (FAZAELI et al., 2014), micofiltração (MNKANDLA; OTOMO, 2021), fertilizante e adubos (OWAID et al., 2017), além de possuir um forte potencial como indutor de resistência em plantas, esta produção exacerbada e, muitas das vezes o descarte insustentável unido ao desconhecimento das potencialidades deste substrato, pode representar problemas ambientais.

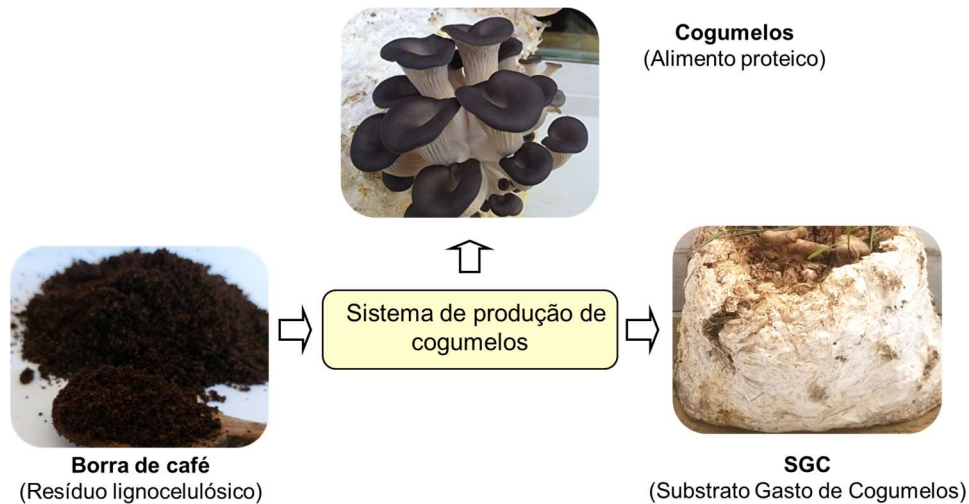


Figura 3. Sistema produtivo de cogumelos. Adaptado de Zárte-Salazar et al. (2020).

Existem evidências do uso de extratos de cogumelos como meio de controle e prevenção de doenças fitossanitárias, se destacando como uma alternativa natural e sustentável, haja vista que possuem propriedades protetivas, com potencial no controle de fungos fitopatogênicos (SINGH; VYAS, 2023). Ao utilizarem extratos do cogumelo *Pycnoporus sanguineus*, Toillier et al. (2010) observaram uma redução de mais de 50% na severidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em *Phaseolus vulgaris*.

Resultados obtidos por Figueiredo e Silva (2014), indicam eficiência para o controle da fusariose em *Solanum lycopersicum*, causada pelo fungo *Fusarium* sp., os quais observaram uma inibição em mais de 92% da esporulação deste fungo, a partir da utilização de extratos do cogumelo *P. sanguineus*. Extratos de *P. sanguineus* apresentaram potencial para reduzir a densidade de nematoides em tomateiro, sugerindo uma possível indução de resistência (BARBOSA et al., 2022).

Estudos realizados por Franco et al. (2022), comprovaram eficácia no controle de doenças em plantas de *Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*, observaram uma inibição de *Fusarium* sp. e *Corynespora* sp. ao aplicarem extratos aquosos de resíduo do processamento do cogumelo *Lentinula edodes*, evidenciando mais uma vez o potencial uso de métodos alternativos no controle de doenças em plantas.

Pesquisas recentes relatam o uso de substrato gasto de cogumelos como matéria prima funcional, os quais apresentam com propriedades biológicas que evidenciam sua potencialidade atuando nos mecanismos de defesa das plantas (SINGH et al., 2021). Como também, contribuindo em atividades de promoção de crescimento uma alternativa ecológica para a

produção de culturas de qualidade, promove uma solução sustentável para a gestão de resíduos e contribuindo para a economia circular (LI et al., 2022a).

1.3.6 Indução de resistência de plantas à patógenos

A indução de resistência (IR), refere-se à ativação dos mecanismos latentes de defesa existentes nas plantas no controle de fitopatógenos (SHASMITA et al., 2023), a qual pode ocorrer por meio do tratamento com moléculas eliciadoras/indutoras de origem biótica ou abiótica, a qual pode ser empregada no manejo integrado de doenças e contribuir com uma agricultura sustentável (SHASMITA et al., 2019).

Os mecanismos de defesa da planta visam formar uma barreira, a qual impede que o patógeno penetre nos tecidos ou células, evitando o estabelecimento de um sítio de infecção ou impedindo que o sítio de infecção avance para outras partes sadias (RIOS et al., 2021). Neste sentido, os indutores provocam respostas do sistema de defesa da planta, levando a uma maior resistência contra patógenos através da sinalização de reguladores com a produção de compostos que possuem efeitos adversos sobre os patógenos, como a formação de barreiras estruturais, produção de substâncias tóxicas (MEENA et al., 2022; VIEIRA et al., 2024).

Na indução de resistência vários mecanismos podem ser ativados, como a ativação de genes relacionados à patogenicidade, responsáveis pela produção de proteínas que mitigam os danos causados pelos radicais livres (VIEIRA et al., 2024). Apresentando uma maior produção de fitoalexinas e enzimas como a peroxidase, polifenoloxidase, fenilalanina amônia-liase, β -1,3-glucanase e quitinase, as quais são capazes de resultar na defesa da planta com o controle de diversos fitopatógenos (PASCHOLATI; DALIO, 2018; SCHONS et al., 2022).

A enzima peroxidase (POX), é caracterizada como enzima oxidoredutase, a qual participa do reforço da parede celular, limitando assim a penetração de fungos (NAJAFI et al., 2024), como também, envolvendo-se na síntese de inibidores relacionados a defesa e acelerando a produção de lignina e outros fenóis, as quais atuam também na degradação do peróxido de hidrogênio e lidam com o estresse oxidativo (IMRAN; GHOSH, 2024).

A enzima polifenoloxidase (PPO), é caracterizada como metaloproteína de cobre, a qual contribui para a defesa das células vegetais, catalisando a oxidação de fenóis e sua conversão em quinonas antimicrobianas altamente reativas (ZHANG; SUN, 2021). A PPO é uma enzima oxidante distinta e apresenta componentes notáveis de defesa contra a peroxidação lipídica da

membrana e o estresse oxidativo durante a infecção por patógenos (ABD-ELRAHIM et al., 2022).

Já a enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), ao ser induzida, desempenha um importante papel nas reações do metabolismo de compostos fenólicos, disseminando a L-fenilalanina, convertendo-a em amônio e ácido trans-ciâmico (FAN et al., 2024). A FAL está relacionada com a rota de síntese dos fenilpropanóides, que atua na neutralização do processo de infecção pela formação de fitoalexinas e hidrólise de beta glucanos na parede celular fúngica, na biossíntese de monolignol, na polimerização em lignina e a fortificação da parede celular pela deposição de lignina, os quais desempenham um papel crucial na prevenção da colonização dos patógenos no tecido hospedeiro (AUGUSTINE et al., 2024).

A indução de resistência por meio da ativação das enzimas relacionadas patogênese, desencadeia o acúmulo de certos componentes de sinalização, por meio da interação dos hormônios com as vias de sinalização imunológica das plantas, o que influencia a intensidade da resposta dos genes de defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos (KHALIL; YOUSSEF, 2024).

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.; WHEELER, T. A.; DEVER, J.; LIN, Z.; ARCE, J.; GUO, W.; Assessing *Fusarium oxysporum* disease severity in cotton using unmanned aerial system images and a hybrid domain adaptation deep learning time series model. **Biosystems Engineering**, v. 237, p. 220–231. 2024.
- ABDELKHALIK, A. PASCUAL, B.; NÁJERA, I.; DOMENE, M. A.; PASCUAL-SEVA, N.; Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. **Irrigation Science**, v. 38, n. 1, p. 89–104. 2020.
- ABD-ELRAHIM, R. TOHAMY, M. R. A.; ATIA, M. M.; ELASHTOKHY, M. M. A.; ALI, M. A. S.; Bactericidal activity of some plant essential oils against *Ralstonia solanacearum* infection. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2163–2172. 2022.
- AHMAD, A.; SRIPONG, K.; UTHAIRATANAKIJ, A.; PHOTCHANACHAI, S.; PANKASEMSUK, T.; JITAREERAT, P.; Decontamination of seed borne disease in pepper (*Capsicum annuum* L.) seed and the enhancement of seed quality by the emulated plasma technology. **Scientia Horticulturae**, v. 291, p. 110568. 2022.
- AKHTAR, A.; ASGHAR, W.; KHALID, N.; Phytochemical constituents and biological properties of domesticated capsicum species: a review. **Bioactive Compounds in Health and Disease**, v. 4, n. 9, p. 201, 30. 2021.
- ALMEIDA, C. O.; CARNEIRO-NETO, T. F. S.; BARROSO, K. A.; QUEIROZ, M. F.; BOAS, T. A. V.; PAZ, C. D.; Óleos essenciais no manejo da podridão mole em pimentão / essential oils in the management of soft rot in bell pepper. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 101759–101770, 2020.
- ANJOS, I. V.; *Capsicum* spp.: Identificação de espécies de *Fusarium* associadas a murcha e investigação de fontes de resistência ao fungo *Fusarium solani*. Cáceres-Mato Grosso: Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres-MT, 2018.
- ARORA, H.; NAAZ, F.; SHARMA, A.; DUBEY, S.; SHARMA, SATYAWATI, RAJAURIA, G.; Thyme-licorice nanoemulsion for anthracnose management in *Capsicum annuum* L. and life cycle assessment of its production. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 56, p. 103029. 2024.
- AUGUSTINE, L. VARGHESE, L.; KAPPACHERY, S.; RAMASWAMI, V. M.; SURENDRABABU, S. P.; SAKUNTALA, M.; THOMAS, G.; Comparative analyses reveal a phenylalanine ammonia lyase dependent and salicylic acid mediated host resistance in *Zingiber zerumbet* against the necrotrophic soft rot pathogen *Pythium myriotylum*. **Plant Science**, v. 340, p. 111972. 2024.
- BAENAS, N.; BELOVIC, M.; ILIC, N.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C.; Industrial use of pepper (*Capsicum annuum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry*, v. 274, p. 872–885. 2019.

BARBOSA, J. A. RAMOS, D. D.; RINADI, L. K.; STANGARLIN, J. R.; FIORENTIN, F.; Extrato de *Pycnoporus sanguineus* no Controle de *Meloidogyne javanica* em Tomateiro. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5- esp., p. 783–787, 14. 2022.

BATIHA, G. E. S. ALQAHTANI, A.; OJO, O. A.; SHAHEEN, H. M.; WASEF, L.; Biological Properties, Bioactive Constituents, and Pharmacokinetics of Some *Capsicum* spp. and Capsaicinoids. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 15, p. 5179, 22. 2020.

BECKER, C. E. Controle da antracnose em pimentão com extrato de própolis. Monografia Agronomia, apresentada a Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, RS. 2015.
BHANDARI, S.; YADAV, P. K.; T SARHAN, A.; Botanical fungicides; current status, fungicidal properties and challenges for wide scale adoption: a review. **Reviews in Food and Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 63–68, 3. 2021.

BORGES, L. S.; CASAIS, L. K. N.; SANTOS, T. V.; AVIZ, R. O.; Relato de experiencia: práticas de manejo de cultivo de pimentão nas condições edafoclimáticas paraense. Em: Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - Volume 4. **Editora Científica Digital**, p. 246–262. 2022.

CARBONI, R. C. D. Complexos de espécies de *Colletotrichum* associados aos citros e a outras frutíferas no brasil. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018.

CARDOZO, M. T. D.; GALBIATTI, J. A.; SANTANA, M. J.; CAETANO, M. C. T.; CARRASCHI, S. P.; NOBILE, F. O.; Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 673–684, 2016.

CARRASCO, J.; ZIED, D. C.; PARDO, J. E.; PRESTON, G. M.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. **AMB Express**, v. 8, n. 1, p. 146, 2018.

CASTRO, S. D. C. Búsqueda de resistencia a la pudrición causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum*. Palmira-Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias, Coordinación General De Postgrados, Palmira-Colombia, 2014.

CHOWDHURY, S. K.; MAJUMDAR, S.; MANDAL, V.; Application of *Bacillus* sp. LBF-01 in *Capsicum annuum* plant reduces the fungicide use against *Fusarium oxysporum*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 27, p. 101714. 2020.

CISTERNAS-JAMET, J. SALVATIERRA-MARTÍNEZ, R.; VEJA-GÁLVEZ, A.; STOLL, A.; URIBE, E.; GOÑI, M. G.; Biochemical composition as a function of fruit maturity stage of bell pepper (*Capsicum annuum*) inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens*. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109107. 2020.

CRUZ, J. M. F. L.; FARIAS, O. R.; MOURA, I. N. B. N.; LINNÉ, J. A.; SILVA, L. D. R.; NASCIMENTO, L. C.; Microbiolization of cowpea seeds with commercial strains of *Trichoderma asperellum* and *T. harzianum*. **Revista Ceres**, v. 69, n. 5, p. 613–618. 2022.

CRUZ, M. P.; MAZARO, S. M.; BRUZAMARELLO, J.; VISMARA, E. S. GHEDIN, A. L.; POSSENTI, J. C.; VÍTOLO, F. M. D.; Bioactive Compounds of *Ganoderma lucidum* Activate the Defense Mechanisms of Soybean Plants and Reduce the Severity of Powdery Mildew. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 13, p. 99, 15. 2019.

DERESA, E. M.; DIRIBA, T. F. Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. e13810. 2023.

DIHAZI, A.; NAAMANI, K. NABGUI, A.; MEZIANE, A.; EL ODAFAR, C.; DIHAZI, H.; Proteome analysis of an aggressive and a hypoaggressive isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. albedinis showing several differently expressed-proteins related to the aggressiveness. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 116, p. 101738. 2021.

DOGAN, A.; SELCUK, N.; ERKAN, M. Comparison of pesticide-free and conventional production systems on postharvest quality and nutritional parameters of peppers in different storage conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 207, p. 104–116. 2016.

FAN, S.; WEI, X.; LU, R.; FENG, C.; ZHANG, Q.; LU, X.; JIN, T.; YAN, M.; YANG, Z.; Roles of the N-terminal motif in improving the activity and soluble expression of phenylalanine ammonia lyases in *Escherichia coli*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 262, p. 130248. 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FATUNSIN, O. T.; OYEYIOLA, A. O.; MOSHOOD, M. O.; AKANBI, L. A.; FADAHUNSI, D. E.; Dietary risk assessment of organophosphate and carbamate pesticide residues in commonly eaten food crops. **Scientific African**, v. 8, p. e00442. 2020.

FAZAEI, H. SHAFYEE-VARZENEH, H.; FARAHPOOR, A.; MOAYYER, A.; Recycling of mushroom compost wheat straw in the diet of feedlot calves with two physical forms. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 3, n. 3, p. 3, 23. 2014.

FIGUEIREDO, Á.; SILVA, A. C. E. Atividade “*in vitro*” de extratos de *Pycnoporus sanguineus* e *Lentinus crinitus* sobre o fitopatógeno *Fusarium* sp. **Acta Amazônica**, v. 44, n. 1, p. 1–8, 2014.

FRANCO, N. A. D. C. MAGANHA, M. M.; MARTINS, O. G.; PIERONI, L. P.; SILVA, M. C. A. C.; Extrato aquoso de resíduo do processamento de *Lentinula edodes* no controle de fungos fitopatogênicos. **Energia na agricultura**, v. 37, n. 4, p. 23–28, 23. 2022.

GO, S.-M.; PARK, M.R.; KIM, H.S; CHOI, W. S.; JEONG, R.D; Antifungal effect of non-thermal atmospheric plasma and its application for control of postharvest *Fusarium oxysporum* decay of paprika. **Food Control**, v. 98, p. 245–252. 2019.

GUILHERME, R.; RODRIGUES, N.; MARX, I. M. G.; DIAS, L. G.; VELOSO, A. C. A.; RAMOS, A. C.; PERES, A. M.; PEREIRA, J. A.; Sweet peppers discrimination according to

agronomic production mode and maturation stage using a chemical-sensory approach and an electronic tongue. **Microchemical Journal**, v. 157, p. 105034. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/br>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

IMRAN, A.; GHOSH, A. Evolutionary expansion, functional diversification, and transcript profiling of plant Glutathione Peroxidases. *Plant Science*, v. 341, p. 111991, abr. 2024.

INDEX FUNGORUM. Index Fungorum. Disponível em: <<https://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

KABIR, M. Y.; NAMBEESAN, S. U.; BAUTISTA, J.; DÍAZ-PÉREZ, J.; Plant water status, plant growth, and fruit yield in bell pepper (*Capsicum annum* L.) under shade nets. **Scientia Horticulturae**, v. 303, p. 111241. 2022.

KHALIL, M. I. I.; YOUSSEF, S. A. Physiological and biochemical responses of *Alternaria alternata* infected tomato to *Trichoderma harzianum* and *Chaetomium globosum* application. **South African Journal of Botany**, v. 166, p. 116–125. 2024.

KUMAR, H.; AHMAD, S.; ZACHARIA, S.; KUMAR, S.; ALI, A.; Impact of different fungicides combination against brown leaf spot (*Drechslera oryzae*) of rice under the in vitro and in vivo. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 1, p. 341–344, 2017.

LEITE, R. P.; NASCIMENTO, L. C.; GOMES, E. C. S.; OLIVEIRA, M. D. M.; Indução de resistência no manejo da queima das folhas do inhame. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 1, p. 31–35. 2020.

LEONG, Y. K.; MA, T. W.; CHANG, J.S.; YANG, F. C.; Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): **A review. Bioresource Technology**, v. 344, p. 126157. 2022.

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A.; The Fusarium Laboratory Manual. **Blackwell Publishing**, 2006.

LI, H.; YOSHIDA, S.; MITANI, N.; EGUSA, M.; TAKAGI, M.; Disease resistance and growth promotion activities of chitin/cellulose nanofiber from spent mushroom substrate to plant. **Carbohydrate Polymers**, v. 284, p. 119233. 2022.

LIMA, H. C. G.; PEQUENO, M. M. P.; MOURA, J. G. H.; GOMES, R. F. D.; O impacto do uso de agrotóxico na agricultura e os problemas de saúde pública: uma revisão. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5, n. 5, p. 1491–1500, 21. 2023.

MAKHUVELE, R. et al. The use of plant extracts and their phytochemicals for control of toxigenic fungi and mycotoxins. **Heliyon**, v. 6, n. 10, p. e05291. 2020.

MARTÍNEZ-IBARRA, E.; GÓMEZ-MARTÍN, M.; ARMESTO-LÓPEZ, X. Climatic and Socioeconomic Aspects of Mushrooms: **The Case of Spain. Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1030, 16. 2019.

- MEDEIROS, J. G. F.; SILVA, E. C.; SILVA, H. F.; GOMES, R. S. S.; CORDEIRO, L. C.; Thermotherapy in the control of *Fusarium* spp. in angico seeds [*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan] and maintenance of physiological quality. **Floresta**, v. 53, n. 3, p. 404. 2023.
- MEENA, M.; YADAV, G.; SONIGRA, P.; NAGDA, A.; Role of elicitors to initiate the induction of systemic resistance in plants to biotic stress. **Plant Stress**, v. 5, p. 100103. 2022.
- MNKANDLA, S. M.; OTOMO, P. V. Effectiveness of mycofiltration for removal of contaminants from water: a systematic review protocol. **Environmental Evidence**, v. 10, n. 1, p. 17, 28. 2021.
- MOURA, I. N. B. M.; SILVA, J. N.; SILVA, E. C.; FARIAS, O. R.; NASCIMENTO, L. C.; Controle biológico com *Trichoderma* sp. sobre a qualidade de sementes de *Astronium urundeuva* (M. ALLEMÃO) ENGL. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 1–13, 21. 2022.
- NAJAFI, M.; ESFAHANI, M. N.; VATANDOOST, J.; Antioxidant enzymes activity associated with resistance to *Phytophthora melonis-pumpkin* blight. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 129, p. 102192. 2024.
- NOBLAT, A. K. DE M.; MELO, E. M. S.; SILVA, W. A.; SILVÉRIO, M. L.; CORREIA, J. M.; Impacto dos agrotóxicos na alimentação: Uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e36110614504, 3. 2021.
- OLINTO, F. A.; OLIVEIRA, V. S.; NUNES, M. S.; SILVA, H. F.; PORCINO, M. M.; NASCIMENTO, L. C.; Óleos essenciais no tratamento de sementes florestais nativas do semiárido brasileiro. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 60, n. 2, p. 610, 30. 2023.
- OWAID, M. N.; ABED, I. A.; AL-SAEEDI, S. S. S. Applicable properties of the bio-fertilizer spent mushroom substrate in organic systems as a byproduct from the cultivation of *Pleurotus* spp. **Information Processing in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 78–82. 2017.
- PASCHOLATI, S. F.; DALIO, R. J. D. Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos. Em: Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. Ouro fino: Agronômica Ceres, 2018. v. 1.
- PATIL, T. P.; VIBHUTE, A. A.; PATIL, S. L.; DONGALE, T. D.; TIWARI, A. P.; Green synthesis of gold nanoparticles via *Capsicum annum* fruit extract: Characterization, antiangiogenic, antioxidant and anti-inflammatory activities. **Applied Surface Science Advances**, v. 13, p. 100372. 2023.
- PICCINI, C. PARROTTA, L.; FALERI, C.; ROMI, M.; DUCA, S.; CAI, G.; Histomolecular responses in susceptible and resistant phenotypes of *Capsicum annum* L. infected with *Phytophthora capsici*. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 122–133. 2019.
- PRUTHVIRAJ. EKABOTE, S. D.; PATIL, B.; RAMESH, A. N.; ONKARAPPA, S.; *In vitro* and *in vivo* evaluation of fungicides against anthracnose disease on pomegranate (*Punica*

granatum L.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Crop Protection**, v. 178, p. 106598. 2024.

RAZA, A.; HASSAN, A.; AKRAM, W.; AJUM, T.; AFTAB, A. H.; ALI, B.; Seed coating with the synthetic consortium of beneficial *Bacillus microbes* improves seedling growth and manages *Fusarium* wilt disease. **Scientia Horticulturae**, v. 325, p. 112645. 2024.

REMBISCHEVSKI, P.; LAURIA, V. B. M.; MOTA, L. I. S.; CALDAS, E. D.; Risk perception of food chemicals and technologies in the Midwest of Brazil: A population-based cross-sectional survey. **Food Control**, v. 135, p. 108808. 2022.

RIOS, J. A.; ALMEIDA, L. C.; SOUZA, E. B. DE. Resistência de Plantas a Patógenos. 1. ed. Recife, Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

ROCHA, F. DA S.; FERREIRA, G. H. S.; SILVA, T. C. S. R.; AMARAL, F. L.; MUNIZ, M. F. S.; PEREIRA, E. A.; Caracterização de *Fusarium solani* f. sp. piperis, produção de fitotoxina e incidência da fusariose no norte de Minas Gerais. *Summa Phytopathologica*, v. 42, n. 1, p. 67–72, mar. 2016.

SAINI, T. J. et al. Effect of pungency levels of *Capsicum* spp. fruits on tolerance to anthracnose. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 116, p. 101720, dez. 2021.

SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D. J. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. Chiapas, México: **ECOSUR**, México, 2017.

SCHEDENFFELDT, B. F.; SIQUEIRA, B. B. R.; SILVA, R. O.; MONQUERO, P. A.; Toxicity assessment of commercial herbicide formulations to *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) in oxisols. **Chemosphere**, v. 350, p. 141118. 2024.

SCHONS, B. C.; BRITO, O. D. C.; JUNIOR, R. C.; TSUTSUMI, C. Y.; Rosemary extract formulated with hydrogel in the control of root-knot nematode and in the activation of defense mechanisms in tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 107–114. 2022.

SHARMA, G.; MAYMON, M.; ELAZAR, M.; FREEMAN, S.; First report of *Colletotrichum aenigma* and *C. perseae* causing anthracnose disease on *Capsicum annuum* in Israel. **Crop Protection**, v. 152, p. 105853. 2022.

SHASMITA; MOHAPATRA, D.; MOHAPATRA, P. K.; NAIK, S. K.; MUKHERJEE, A. K.; Priming with salicylic acid induces defense against bacterial blight disease by modulating rice plant photosystem II and antioxidant enzymes activity. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 108, p. 101427. 2019.

SHASMITA; SWAIN, B. B.; MISHRA, S.; MOHAPATRA, P. K.; NAIK, S. K.; MUKHERJEE, A. K.; Chemoprimer for induction of disease resistance against pathogens in rice. **Plant Science**, v. 334, p. 111769. 2023.

SINGH, C.; VYAS, D. Use of *Ganoderma lucidum* extract to elevate the resistance in chickpea against the *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 56, n. 8, p. 605–624, 9. 2023.

SINGH, G.; TIWARI, A.; GUPTA, A.; KUMAR, A.; HARIPRASAD, P.; SHARMA, S.; Bioformulation development via valorizing silica-rich spent mushroom substrate with *Trichoderma asperellum* for plant nutrient and disease management. **Journal of Environmental Management**, v. 297, p. 113278. 2021.

SOUZA, C. V.; MEDEIROS, J. G. F.; SILVA, E. C.; SILVA, H. F. NASCIMENTO, L. C.; Termoterapia na qualidade de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. *Allemão*. **International Journal of Development Research**, p. 47285–47288, 30. 2021.

SOUZA, J. DA S.; FARIAS, O. R.; FUARTE, I. G.; CRUZ, J. M. F.; PEDROSA, L. M.; NASCIMENTO, L. C.; Sanity and Physiology of *Ceiba speciosa* Seeds Treated With Essential Oils. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 4, p. 72, 15. 2022.

TAVARES, R. D. A. Caracterização agrônômica de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Monografia apresentada ao curso de engenharia agrônômica. Araras, SC. 2023.

TAVEIRA, G. B.; MELLO, E. O.; CARVALHO, A. O.; REGENTE, M.; PINEDO, M.; CANAL, L.; Antimicrobial activity and mechanism of action of a thionin-like peptide from *Capsicum annuum* fruits and combinatorial treatment with fluconazole against *Fusarium solani*. **Peptide Science**, v. 108, n. 3, 25. 2017.

TOILLIER, S. L.; LURKIV, L.; MEINERZ, C. C.; BALDO, M.; Controle de crestamento bacteriano comum (*Xanthomona axonopodis* pv. *phaseoli*) e alterações bioquímicas em feijoeiro induzidas por *Pycnopus sanguineus*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 99–110. 2010.

TRECHA, C.; LOVATTO, P.; MAUCH, C. Entraves do cultivo convencional e as potencialidades do cultivo orgânico do pimentão no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n. 3, p. 291–302, 5. 2017.

VASCONCELOS, C. V.; PEIXOTO, G. H. S.; MUNIZ, P. H. P. C.; Etiologia e sintomatologia de *Colletotrichum acutatum* em frutos de *Solanum gilo*: uma breve revisão. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 7, n. 1, p. 41–49, 2018.

VELOSO, J. S.; DUARTE, I. G.; FARIAS, O. R.; CÂMARA, M. P.S; Antracnose do cajueiro: etiologia, sintomatologia e aspectos epidemiológicos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, p. 200–215, 29. 2022.

VIEGAS, R. M. S.; Avaliação da resistência varietal e do acibenzolar-s-metil no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas euvesicatoria*) em *Capsicum annum*. Dissertação—Morrinhos, GO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2016.

VIEIRA, M. E. O.; NUNES, V. V.; CALAZANS, C. C.; SILVA-MANN, R.; Unlocking plant defenses: Harnessing the power of beneficial microorganisms for induced systemic resistance in vegetables – A systematic review. *Biological Control*, v. 188, p. 105428, jan. 2024.

WISETSAL, A.; JADSADAJERM, S.; BUA-ART, S. Antiphytopathogenic activity of the bioluminescent mushroom *Neonothopanus nambi* against root-rot disease. **Natural Product Research**, p. 1–4, 8. 2023.

YANPING, T.; SHIQI, D.; YONGHUA, Q.; YOU, Y.; LIU, C.; CHUNTAI, W.; CHANGJI, J.; XINQIOG, L.; Evaluation of Medicinal Plant Extracts for Rice Blast Disease Control. **Rice Science**, v. 30, n. 1, p. 6–10. 2023.

ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; SANTOS, M. N.; CABALLERO, E. N. M.; MARTINS, O. G.; HERRERA, A. A. P.; Use of lignocellulosic corn and rice wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) cultivation. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 11, p. 1904, 27. 2020.

ZHANG, B.; LI, Y.; ZHANG, F.; LINHARDT, R. J.; ZENG, G.; ZHANG, A.; Extraction, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Pleurotus eryngii*: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 1342–1347. 2020.

ZHANG, J.; SUN, X. Recent advances in polyphenol oxidase-mediated plant stress responses. **Phytochemistry**, v. 181, p. 112588. 2021.

2 CAPÍTULO II
EXTRATOS AQUOSOS DA FUNGICULTURA NO MANEJO DA
ANTRACNOSE EM PIMENTÃO

MONTEIRO, R. E. P. Extratos aquosos da fungicultura no manejo da antracnose em pimentão. 75f. Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Areia, PB. 2024.

RESUMO

A cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.) representa grande importância socioeconômica, sendo uma das mais produzidas no mundo. A antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, é uma das principais doenças da cultura, ocasionando perdas em pré e pós-colheita. Para minimizar o uso de produtos químicos no manejo de doenças em pimentão, tem se destacado o uso de extratos aquosos, como de cogumelos, os quais possuem ação sobre o patógeno e sobre os mecanismos de defesa das plantas. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de extratos aquosos da fungicultura sobre *Colletotrichum* sp. *in vitro*, bem como sua eficiência na qualidade pós-colheita e na atividade de enzimas ligadas à indução da resistência. O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba. O isolado de *Colletotrichum* sp. foi obtido a partir de isolamento de frutos de pimentão com lesões provenientes de agricultores familiares do município de Areia-PB. Os tratamentos utilizados foram extratos aquosos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* (CPO), *Lentinula edodes* (CLE), *Ganoderma lucidum* (CGL), substrato gasto de *Pleurotus ostreatus* (SPO), *Lentinula edodes* (SLE) e *Ganoderma lucidum* (SGL), substrato sem o cultivo de cogumelos, todos na concentração de 10% (100 mL L⁻¹ de água), fungicida (azoxistrobina) (0,14 g. L⁻¹ de água) e testemunha (água destilada esterilizada). No teste *in vitro* os tratamentos foram diluídos ao meio de cultura BDA, em placas de Petri e sobre o mesmo, um disco de colônia pura de *Colletotrichum* sp. As placas foram mantidas à 25 ± 2 °C e as avaliações realizadas diariamente pela mensuração do diâmetro das colônias, com auxílio de uma régua graduada em centímetros. A quantidade de esporos foi mensurada em hemacitômetro. Os tratamentos foram aplicados nos frutos, por imersão, durante 5 minutos e realizadas as avaliações de severidade da doença com análise de imagem, com auxílio de software ImageJ. Nas análises físico-químicas foram avaliadas perda de massa, firmeza, pH, Sólidos Solúveis, Acidez Titulável, Relação SS/AT e Vitamina C. Foram avaliadas a atividade enzimática da peroxidase, fenilalanina amônia liase e polifenoloxidase nos frutos de pimentão tratados. De acordo com os resultados observados, os extratos do substrato de *Pleurotus ostreatus* apresentou menor diâmetro de colônia e maior percentual de inibição de esporos. Quanto a severidade de *Colletotrichum* sp. em frutos, os tratamentos com os extratos do cogumelo *Lentinula edodes* e substrato gasto de *Ganoderma lucidum*, apresentaram menor suscetibilidade, com uma redução da infecção pelo fungo. Os tratamentos com o substrato gasto de *Pleurotus ostreatus* e *Lentinula edodes*, reduzem o crescimento micelial e esporulação *in vitro* de *Colletotrichum* sp. Os extratos do substrato gasto de *Ganoderma lucidum* e cogumelo *Lentinula edodes*, concedem uma maior proteção contra antracnose em frutos de pimentão e reduzem sua severidade. Todos os extratos da fungicultura induzem a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase e conservam a qualidade pós-colheita em frutos de pimentão.

Palavras-chave: *Capsicum annum* L.; pós-colheita; *Colletotrichum* spp.; substrato pós-cultivo de cogumelos; atividade enzimática.

MONTEIRO, R. E. P. Aqueous extracts from fungiculture in the management of anthracnose in pepper. 75f. Federal University of Paraíba (Master's dissertation in Agronomy). Areia, PB. 2024.

ABSTRACT

The pepper crop (*Capsicum annum*) represents great socioeconomic importance, being one of the most produced in the world. Anthracnose, caused by fungi of the genus *Colletotrichum*, is one of the main diseases of the crop, causing pre- and post-harvest losses. To minimize the use of chemical products in the management of pepper diseases, the use of aqueous extracts, such as mushrooms, has been highlighted, which have an action on the pathogen and on the plants' defense mechanisms. Therefore, the objective of the work was to evaluate the effect of aqueous extracts from fungiculture on *Colletotrichum* sp. in vitro, as well as its efficiency in post-harvest quality and the activity of enzymes linked to the induction of resistance. The experiment was carried out at the Phytopathology Laboratory, belonging to the Agricultural Sciences Center, at the Federal University of Paraíba. The isolate of *Colletotrichum* sp. was obtained from the isolation of pepper fruits with lesions from family farmers in the municipality of Areia-PB. The treatments used were aqueous extracts of the mushrooms *Pleurotus ostreatus* (CPO), *Lentinula edodes* (CLE), *Ganoderma lucidum* (CGL), spent substrate of *Pleurotus ostreatus* (SPO), *Lentinula edodes* (SLE) and *Ganoderma lucidum* (SGL), substrate without the mushroom cultivation, all at a concentration of 10% (100 mL L⁻¹ of water), fungicide (azoxystrobin) (0.14 g. L⁻¹ of water) and control (sterilized distilled water). In the *in vitro* test, treatments were diluted in PDA culture medium, in Petri dishes and on top of it, a disc of pure *Colletotrichum* sp. The plates were kept at 25 ± 2 °C and evaluations were carried out daily by measuring the diameter of the colonies, using a ruler graduated in centimeters. The quantity of spores was measured using a hemacytometer. The treatments were applied to the fruits, by immersion, for 5 minutes and disease severity assessments were carried out with image analysis, with the aid of ImageJ software. In the physical-chemical analyzes, loss of mass, firmness, pH, Soluble Solids, Titratable Acidity, SS/AT Ratio and Vitamin C were evaluated. The enzymatic activity of peroxidase, phenylalanine ammonia lyase and polyphenoloxidase in the treated pepper fruits were evaluated. According to the results observed, extracts from the *Pleurotus ostreatus* substrate showed a smaller colony diameter and a higher percentage of spore inhibition. Regarding the severity of *Colletotrichum* sp. in fruits, treatments with extracts from the *Lentinula edodes* mushroom and spent *Ganoderma lucidum* substrate showed lower susceptibility, with a reduction in infection by the fungus. Treatments with the spent substrate of *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes* reduce mycelial growth and in vitro sporulation of *Colletotrichum* sp. Extracts from the spent substrate of *Ganoderma lucidum* and *Lentinula edodes* mushroom provide greater protection against anthracnose in pepper fruits and reduce its severity. All fungiculture extracts induce the production of the enzymes peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase and preserve post-harvest quality in pepper fruits.

Keywords: *Capsicum annum* L.; postharvest; *Colletotrichum*; mushroom post-cultivation substrate; enzymatic activity.

2.1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça de grande importância socioeconômica, sendo uma das mais produzidas no mundo (FAO, 2022). No Brasil, esta cultura também possui grande representatividade, sendo uma das hortaliças mais cultivada, consumida, utilizada na indústria alimentícia e na produção de pigmentos, chegando a produção superior a 220 mil toneladas no ano de 2017 (ANDRADE, 2015; IBGE, 2017).

A produtividade do pimentão depende diretamente dos tratos culturais, adubação, condições climáticas, genética e principalmente pela qualidade fitossanitária da semente, planta ou fruto (BRANDÃO-FILHO et al., 2018). Dentre as doenças mais limitantes à produção, se destaca a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum* spp., que ocasiona lesões nas folhas e principalmente nos frutos, na forma de lesões escuras, deprimidas e necróticas com anéis de acervulos concêntricos, levando à podridão pré e pós-colheita (SHARMA et al., 2022).

Com a crescente busca por alternativas sustentáveis que minimizem os danos ao meio ambiente, tem-se destacado o uso extratos como indutores de resistência nas plantas, o qual induz ou sensibiliza a planta a ativar seus mecanismos de defesa em resposta à presença de um patógeno (BABA et al., 2019). A indução de resistência é caracterizada pela ativação de mecanismos bioquímicos, podendo envolver a síntese e atividade de diversas enzimas, relacionadas a defesa, como a peroxidase, fenilalanina amônia-liase e polifenoloxidase (VIEIRA et al., 2024).

Cogumelos como shimeji (*Pleurotus ostratus*), shitake (*Lentinula edodes*) e reish (*Ganoderma lucidum*), são mundialmente conhecidos por suas propriedades nutricionais e medicinais, os quais apresentam ação antioxidante, imunomoduladora e antimicrobiana, atuando diretamente no sistema imunológico humano (ZHANG et al., 2020). Pesquisas também tem demonstrado o potencial do uso de cogumelos na indução de resistência em plantas e no controle de fitopatógenos (BARBOSA et al., 2022; FRANCO et al., 2022).

Já se tem relatos do uso de extratos de cogumelos no controle e prevenção de doenças em plantas, haja vista que possuem propriedades protetivas, com potencial no controle de fungos fitopatogênicos (SINGH; VYAS, 2023). Como evidenciado por Toillier et al. (2010), que ao utilizarem extratos do cogumelo *Pycnoporus sanguineus*, observaram uma redução de mais de 50% na severidade de doenças em *Phaseolus vulgaris*.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de extratos aquosos de cogumelos e substratos pós-cultivo na inibição e controle da antracnose, bem como sua eficiência na qualidade pós-colheita e na indução de resistência em frutos de pimentão.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização do experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, campus II, Areia, PB.

2.2.2 Obtenção do isolado de *Colletotrichum* sp.

O patógeno foi isolado a partir de frutos de pimentão obtidos em área de cultivo familiar no município de Areia-PB com sintomas típicos do *Colletotrichum*.

Os frutos foram submetidos a câmara úmida para expressão do fungo, posteriormente identificado as estruturas morfológicas em microscópio óptico com auxílio de literatura específica. Realizou-se o isolamento direto (AMORIN et al., 2018), em que foram transferidos parte do micélio fúngico com auxílio de alça estéril para placas de Petri contendo meio de cultura BDA (Batata, Dextrose e Ágar), permanecendo por oito dias em câmara incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A confirmação da etiologia do patógeno foi realizada sob microscópio óptico, através da observação das estruturas reprodutivas (esporos) (SEIFERT; GAMS, 2011).

2.2.3 Preparo dos extratos

Foram utilizados os cogumelos *P. ostreatus*, *L. edodes* e *G. lucidum* e seus respectivos substratos pós-cultivo (SGCs), provenientes de cultivo axênico em bagaço de cana de açúcar e serragem. O material foi seco em estufa de circulação de ar à 65°C até peso constante. Após secagem, foram triturados em moinho de facas (1 mm) e armazenados em sacos herméticos.

Para a obtenção do extrato aquoso dos cogumelos e dos SGCs, foi adicionado água destilada estéril (ADE) no pó seco de cada tratamento (14 mL/g), e após 24 h de incubação à 4 °C, a suspensão foi filtrada em gaze estéril e posteriormente centrifugada a 20.000 g por 25 minutos. O sobrenadante foi novamente filtrado em filtro Whatman 1 sob condições de assepsia e os extratos foram armazenados à 4°C para posterior utilização (FIORI et al., 2022).

Os tratamentos foram compostos pelos extratos aquosos T₁- Cogumelo *P. ostreatus* (CPO), T₂- Cogumelo *L. edodes* (CLE), T₃- Cogumelo *G. lucidum* (CGL), T₄- Substrato *P.*

ostreatus (SPO), T₅- Substrato *L. edodes* (SLE), T₆- Substrato *G. lucidum* (SGL), T₇- Substrato *in natura* (sem o cultivo de cogumelos) (SIN), todos na concentração de 10% (100 mL.L⁻¹) diluídos em ADE, T₈- Fungicida Amistar® (azoxistrobina) (0,14 g L⁻¹ de água) (FGC) e T₉- Testemunha (ADE) (TST).

2.2.4 Controle de *Colletotrichum* sp. isolado de pimentão *in vitro*

O teste *in vitro* foi realizado a partir da distribuição de 10 mL de meio BDA acrescido com os tratamentos, nas concentrações descritas anteriormente, em placas de Petri (7 cm). No centro de cada placa, foi realizada a introdução de um disco de colônia de *Colletotrichum* sp. (5 mm).

As placas foram incubadas em B.O.D à 25 ± 2 °C sob fotoperíodo de 12 horas, durante nove dias, sendo realizada, a cada 24 horas, até a colonização total pelo fungo em uma das placas, a mensuração dos diâmetros das colônias, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, em dois sentidos perpendicularmente opostos, entre as bordas, sendo efetuada a média entre essas medidas. Esses dados foram utilizados na determinação do índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) expresso em mm.dia⁻¹, conforme fórmula: $IVCM = \sum (D - D_a) / N$, onde: IVCM= índice de velocidade de crescimento micelial; D= diâmetro médio atual da colônia; D_a= diâmetro médio da colônia do dia anterior; N= número de dias após a inoculação.

Também foi calculado o percentual de inibição do crescimento micelial (PIC), conforme fórmula proposta por Hillen et al. (2012): $PIC (\%) = (D_c - D_t) / (D_c) * 100$, onde: D_c= diâmetro da colônia no tratamento controle; D_t= diâmetro da colônia em determinado tratamento.

A quantificação do número de esporos produzidos foi realizada ao final do experimento, a partir da suspensão de esporos obtida pela adição de 10 mL de ADE nas placas de Petri e remoção da colônia com escova de cerdas macias e a filtragem da suspensão em dupla camada de gaze estéril, sendo determinado o número de esporos totais em hemacitômetro.

Foi calculado o percentual de inibição de esporulação (PIE), conforme a fórmula proposta por Fernandes et al. (2015): $PIE (\%) = (E_c - E_t) / (E_c) * 100$, onde: E_c= esporos no tratamento controle; E_t= esporos em determinado tratamento.

2.2.5 Controle *in vivo* de *Colletotrichum* sp. em frutos de pimentão

Os pimentões da variedade “All Bigg”, foram obtidas de produtor familiar, proveniente do município de Lagoa Seca-PB (7°13’65” S, -35°82’66” W). Os frutos foram selecionados por tamanho e ausência de danos, em seguida conduzidos ao Laboratório de Fitopatologia, em que foram lavados com água corrente e sabão, e imersos por três minutos em solução de hipoclorito a 1% e dupla lavagem em ADE.

A aplicação dos tratamentos foi realizada por imersão dos frutos durante cinco minutos e posterior secagem em bandejas de plástico contendo papel absorvente por 30 minutos à temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Os frutos foram distribuídos em quatro repetições de dois frutos, totalizando oito frutos por tratamentos, dispostos em bandejas de poliestireno expansível.

Após 24 horas, foram realizados três orifícios de aproximadamente 2 mm de profundidade na parte mediana dos frutos, com auxílio de um perfurador flambado. Com borrifador manual, os frutos foram inoculados com suspensão de esporos ajustada para concentração de 2×10^5 esporos mL⁻¹ de *Colletotrichum* sp., até atingir o ponto de escorrimento. Após a inoculação, os frutos foram submetidos à câmara úmida, sendo composta por sacos de polietileno previamente umedecidos com ADE, por 48 horas após inoculação, sendo mantidos à temperatura de 25 ± 2 °C.

A avaliação da severidade da doença foi avaliada no 14º dia após a inoculação. Os frutos, devidamente identificados, foram dispostos sobre um tecido de cor preta com uma escala métrica (3 x 15 cm) utilizado para calibração no software, fotografados e realizadas as medições em cada fruto, contabilizando a área lesionada em cm² e a área total do fruto também em cm² com auxílio do software ImageJ (ZÁRATE-SALAZAR et al., 2018).

2.2.6 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas a partir do terceiro dia até o sexto dia, totalizando quatro avaliações. Os atributos físicos de qualidade avaliados foram, perda de massa (PM) obtida a partir do cálculo: $PM (g) = (P_i - P_j)$, sendo a perda de massa (PM), peso inicial do fruto (P_i) e peso do fruto no período subsequente a P_i (P_j), a determinação do peso foi realizada por uma balança semi-analítica (g), a firmeza determinada por meio da resistência à penetração pela utilização do penetrômetro digital (Magness Taylor Pressure Tester), pressionado na região mediana dos frutos e os resultados expressos em Newtons (N).

Os atributos químicos de qualidade avaliados foram: o potencial hidrogeniônico (pH) o qual foi determinado por meio de um pHmetro digital de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1990); a vitamina C na qual foi determinada pelo teor de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) através da titulometria, utilizando-se a solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02%), para obtenção da coloração final rósea clara permanente; o teor de sólidos solúveis (SS) o qual foi determinado diretamente da polpa triturada, com refratômetro digital (Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar) e expresso em °Brix (IAL, 2008); a acidez titulável (AT) o qual foi determinado o teor de ácido cítrico pela titulação em um extrato (1g de polpa/50 mL de água destilada), com hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 N), utilizando-se 2 gotas de fenolftaleína como indicador (IAL, 2008) e a relação SS/AT a qual foi obtida por meio do quociente entre as duas variáveis analisadas.

2.2.7 Análise enzimática

As avaliações da atividade enzimática foram realizadas no segundo e quarto dia após aplicação dos tratamentos nos frutos de pimentão verde, avaliando-se peroxidase (POX), polifenoloxidase (PPO), fenilalanina amônia-liase (FAL). A extração do material foi realizada pela maceração de 1 g da casca com nitrogênio líquido e adicionado 10 mL de acetato de sódio, após a obtenção de uma massa homogênea e depositada em microtubos, centrifugadas a 12.000 rpm durante 15 minutos a - 4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar as enzimas.

Foi realizada também a quantificação das proteínas totais pelo método proposto por Bradford (1976), utilizando Soro Albumina Bovina (BSA) como padrão. Este método consiste na detecção e quantificação de proteínas pela junção em uma cubeta de 1 mL da solução de Bradford e adicionar 0,1 mL da amostra. As amostras foram incubadas em temperatura ambiente por 15 minutos. Ao término da reação realizou-se a leitura da amostra com a absorbância de 595 nm em espectrofotômetro (GENESYS™ 10S UV VIS).

A atividade da peroxidase (POX), foi determinada a partir da adição de 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de guaiacol (1,7%), 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0). e 0,25 mL de H₂O₂ (1,8%), totalizando um volume de 1,5 mL. Para o branco a composição foi a mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. A determinação da atividade enzimática foi expressa em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C. Após a mistura foi realizada a leitura imediatamente e a atividade expressa em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

Para determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO), foi adicionado 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de S-metil-catecol 0,6 mM e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,8). Para o branco a composição foi a mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que substituído por ADE. As amostras foram incubadas por 15 minutos em banho maria por 40 °C, após este tempo, foi realizada a paralisação da atividade das amostras com adição de 0,8 mL de ácido perclórico. A determinação da atividade enzimática foi expressa em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 395 nm, a 25 °C. A atividade expressa em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹ .mg⁻¹ de proteína.

Para a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), foi determinada adicionando 0,25 mL do extrato enzimático em tubos de ensaio com a adição de 1,5 mL da solução de tampão TRIS, 0,5 mL de solução de fenilalanina (substrato) e 0,5 mL de ADE. O branco, utilizado para calibrar o espectrofotômetro, foi composto por todas as soluções do meio de reação exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. Os tubos contendo as amostras foram incubadas em banho-maria a 40 °C, durante 60 minutos. Em seguida as amostras foram paralisadas com a adição de 0,1 mL de ácido clorídrico a 5,0 M. A leitura foi realizada em cubeta de quartzo no espectrofotômetro pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 290 nm, a 25 °C e os resultados foram expressos em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹ .mg⁻¹ de proteína.

2.2.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Para o teste *in vitro*, foram utilizadas cinco repetições, sendo cada unidade experimental composta por duas placas de Petri. A área lesionada em frutos foi representada por quatro repetições de dois frutos por tratamento.

Para o controle *in vivo*, nas avaliações pós-colheita, adotou-se o esquema fatorial 9 x 4 (nove tratamentos vs. quatro períodos de avaliação). A análise enzimática foi realizada em esquema fatorial 9 x 2 (nove tratamentos vs. dois períodos de avaliação).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, em seguida, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) com auxílio do software estatístico R[®] versão 4.1.2 (R Core Team, 2023).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao utilizar os extratos aquosos provenientes dos cogumelos *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* e *Ganoderma lucidum* e os substratos pós-cultivo, para avaliar seu efeito *in vitro* sobre *Colletotrichum* sp., observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) em todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Para o diâmetro médio da colônia (DC) e percentual de inibição de crescimento micelial (PIC), as quais determinam o crescimento diário médio da colônia e a porcentagem de inibição de crescimento da colônia nos tratamentos em relação a testemunha, verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$), com destaque para o substrato de *Pleurotus ostreatus* (SPO), com um menor DC e conseqüentemente maior PIC, diferindo de todos os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Diâmetro da colônia (DC), porcentagem de inibição da colônia (PIC), índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), produção de esporos (PE) e porcentagem de inibição da esporulação (PIE) de *Colletotrichum* sp. exposto a produtos alternativos.

Tratamentos	DC	PIC	IVCM	PE	PIE
	---cm---	---%---		10^5 esporos mL^{-1}	---%---
CGL	6,27 b	9,71 c	1,88 b	206,56 b	0,00 d
CLE	6,61 b	4,84 d	2,03 a	165,12 b	0,00 d
CPO	6,89 a	1,07 e	2,10 a	713,28 a	0,00 d
SGL	6,90 a	0,79 e	2,11 a	216,24 b	0,00 d
SIN	6,85 a	1,86 e	2,20 a	146,40 b	21,21 c
SLE	6,34 b	8,71 c	2,02 a	21,52 c	84,65 a
SPO	5,35 d	22,92 a	1,64 c	20,64 c	85,30 a
TBZ	5,87 c	15,51 b	1,77 b	73,76 c	51,49 b
TST	6,94 a	0,00 e	2,10 a	166,88 b	0,00 d
CV (%)	5,89	37,09	5,21	37,77	46,56

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida (azoxistrobina e difenoconazol) ($0,14 \text{ g L}^{-1}$ água) e TST: Testemunha (BDA).

Quanto ao índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum* sp., o substrato de *Pleurotus ostreatus* (SPO), foi o que apresentou menor índice, diferindo dos demais tratamentos. O cogumelo *Ganoderma lucidum* (CGL), foi semelhante ao fungicida e ambos apresentaram influência sobre o fungo, com menor IVCM, quando comparado a testemunha.

O SPO, apresentou uma redução no diâmetro da colônia de *Colletotrichum* sp. com uma inibição em quase 23% comparado à testemunha, sendo mais eficiente que o fungicida. Este

fato pode estar relacionado às propriedades presentes no extrato, uma vez que o micélio presente no SGC é uma fonte abundante de substâncias antimicrobianas, como a pleuromutilina, leianafulveno, pleurotelol, ácido pleurotético entre muitas outras que podem ter inibido o crescimento *in vitro* de *Colletotrichum* sp. (ZHAO et al., 2024).

Quanto a porcentagem de inibição de esporos (PIE), nos tratamentos substrato *Pleurotus ostreatus* (SPO) (85,30%) e substrato *Lentinula edodes* (SLE) (84,65%), foram superiores aos demais tratamentos, inclusive ao fungicida, com uma maior inibição de esporulação.

No presente trabalho, foi observada uma inibição de esporulação de *Colletotrichum* sp. com aplicação do SPO e SLE, o que pode ser explicado pelos constituintes presentes nos extratos, uma vez que o substrato gasto de cogumelo possui uma grande carga enzimática (ZHAO et al., 2024). Além de ser rico em moléculas biologicamente ativas, como polissacarídeos, proteínas, ergosterol e triterpenos, além de flavonóides, compostos fenólicos, taninos, saponinas e alcalóides, os quais podem ser convertidos em derivados com radicais livres, que são extremamente reativos e tornam-se muito tóxicos para patógenos (RODRIGUES; COQUEIRO; DI PIERO, 2021).

O fungicida utilizado, com ingrediente ativo azoxistrobina e difenoconazol, aplicado conforme recomendações do fabricante (SYNGENTA, 2022), não apresentou ação fungicida sobre *Colletotrichum* sp., no presente trabalho; apenas reduziu seu crescimento e produção de esporos, contrário ao observado em outras pesquisas (ISHII et al., 2022; TÖFOLI; DOMINGUES; FERRARI, 2015).

Já foi comprovado que o uso de fungicidas ao longo do tempo a sua eficácia é perdida em razão da seleção de isolados resistentes (QUEIROZ, 2021). Estudos evidenciam que espécies de *Colletotrichum* desenvolveram níveis médios a altos de resistência contra muitos ingredientes ativos de diferentes fungicidas (FENG et al., 2019). Tais informações podem justificar a não eficiência do fungicida sobre o isolado testado.

Com relação a avaliação da área lesionada (AL) por *Colletotrichum* sp. em frutos de pimentão (Figura 4), observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos utilizados. Os frutos tratados com os extratos SGL, CLE, apresentaram menor suscetibilidade que os demais, reduzindo a infecção por *Colletotrichum* sp.

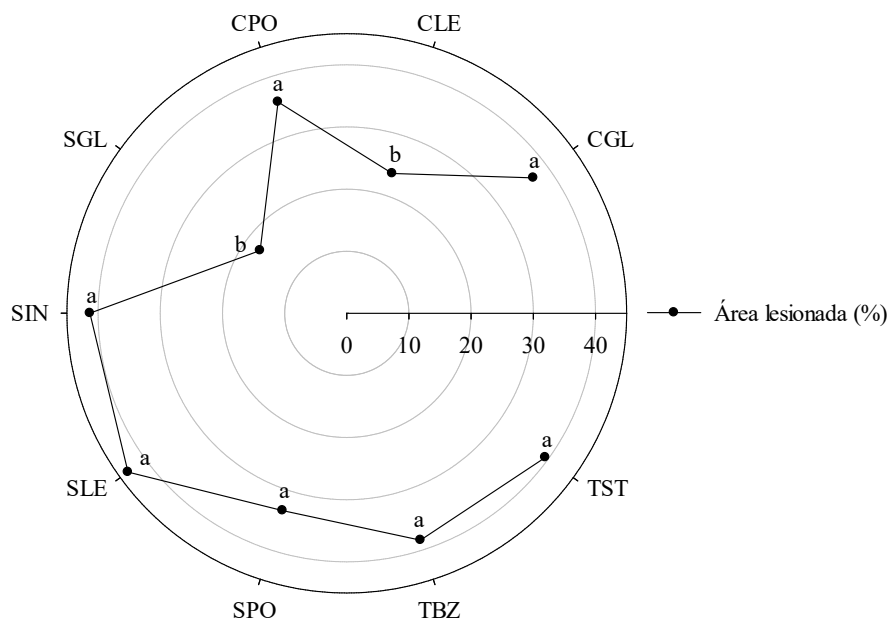


Figura 4. Área lesionada em frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) inoculados com *Colletotrichum* sp. e tratados com extratos da fungicultura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato in natura, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida (azoxistrobina e difenoconazol) ($0,14 \text{ g L}^{-1}$ água) e TST: Testemunha (ADE).

As perdas pós-colheita de pimentão estão relacionadas principalmente ao ataque de *Colletotrichum* spp., o qual é um dos principais causadores de lesões necróticas em pimentões (SHARMA et al., 2022). Este patógeno pode se desenvolver em plantas ou frutos no campo, durante o transporte ou armazenamento, comprometendo a vida útil dos frutos, podendo causar danos na comercialização com perdas de até 100% (ALI et al., 2016).

Os tratamentos com o cogumelo *L. edodes* e com o substrato gasto de *G. lucidum*, proporcionaram proteção em frutos de pimentão contra *Colletotrichum* sp., quando comparado com os demais tratamentos, promovendo um percentual de proteção em mais de 75%. Uma redução da severidade de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) foi observado com a aplicação de extratos de *L. edodes*, demonstrando seu efeito protetor/residual atrelado a um efeito inibitório de *C. gloeosporioides*, conforme observado por Coqueiro et al. (2011).

Foi observada por Toffano (2010) uma redução da severidade da mancha preta em frutos de laranja (*Citrus sinensis* L.) com a utilização de extratos de cogumelos, incluindo *L. edodes*, apresentando potencial como agentes de controle, inibindo o aparecimento de novas lesões, evidenciando a potencialidade do tratamento com extratos da fungicultura. A utilização desses

compostos naturais na agricultura é relevante devido à sua baixa toxicidade e possibilidade de utilização em sistemas de produção orgânica (RODRIGUES; et al., 2021a).

Para a perda de massa (Tabela 2), observou-se diferença entre os tratamentos, onde o SLE foi semelhante à testemunha e ambos apresentaram uma menor perda de peso dos frutos de pimentão, diferindo dos demais tratamentos ($p \leq 0,05$). Quanto aos períodos de armazenamento não se verificaram diferenças entre os tratamentos.

Quanto à firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis e acidez titulável em frutos de pimentão, não houve influência dos tratamentos. Quanto aos períodos de armazenamento, as variáveis FM, AT e SS/AT, apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 1. Perda de massa (PM), firmeza (FM), teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) tratados com extratos da fungicultura e avaliados em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	PM (g)	FM (N)	SS ($^{\circ}$ Brix)	AT (g 100 g ⁻¹)	SS/AT
CGL	158,1 a	0,90 a	3,95 a	0,15 a	27,67 a
CLE	149,8 a	1,22 a	3,88 a	0,14 a	28,11 a
CPO	146,1 a	1,08 a	4,03 a	0,13 a	32,99 a
SGL	155,7 a	1,22 a	3,93 a	0,14 a	29,80 a
SIN	148,5 a	1,25 a	4,00 a	0,14 a	30,18 a
SLE	133,4 b	1,15 a	4,06 a	0,14 a	29,45 a
SPO	151,9 a	1,05 a	3,93 a	0,13 a	31,18 a
FGC	160,8 a	1,07 a	3,94 a	0,14 a	29,43 a
TST	124,3 b	0,99 a	3,95 a	0,14 a	29,94 a
Períodos					
1	154,6 a	1,45 a	4,01 a	0,15 a	27,37 b
2	148,7 a	0,83 b	4,09 a	0,15 a	28,41 b
3	145,4 a	1,10 b	3,97 a	0,15 a	27,60 b
4	141,7 a	1,02 c	3,79 a	0,11 b	36,06 a
CV (%)	13,45	36,56	11,51	19,93	18,20

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, FGC: Fungicida Amistar® (0,14 g L⁻¹ água) e TST: Testemunha (ADE).

A partir da colheita e principalmente durante o armazenamento, os frutos apresentam perda de qualidade visual, onde o processo de transpiração é a principal causa da perda de massa, o que pode estar associado à perda de água contribuindo desta forma com a redução da firmeza (KARAGIANNIS, 2024; SELAHLE et al., 2015), também observado neste estudo.

Para o pH, observou-se diferença ($p \leq 0,05$) entre os períodos de avaliação (1º, 3º e 4º) e entre os tratamentos, com destaque para os extratos CGL (6,08), CLE (5,92), CPO (5,91) com menores valores. Com o aumento dos dias de armazenamento, foi observada uma redução no potencial hidrogeniônico dos frutos com médias variando de 5,91 a 6,90.

Com relação a vitamina C, verificou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação entre os tratamentos e os períodos de armazenamento (Tabela 3). No último período de armazenamento, os maiores teores de ácido ascórbico (vitamina C), foram observados nos tratamentos CLE, CPO, SGL e SPO, apresentando semelhanças com a testemunha e diferindo do fungicida.

Tabela 2. Médias da interação para potencial hidrogeniônico (pH) e vitamina C em frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) tratados com extratos da fungicultura e avaliados em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	pH			
	Períodos de armazenamento*			
	1	2	3	4
CGL	6,45 Aa	6,71 Aa	6,08 Bb	6,14 Bb
CLE	6,32 Ba	6,68 Aa	6,22 Bb	5,92 Bb
CPO	5,94 Ab	6,17 Aa	6,03 Ab	5,91 Ab
SGL	6,82 Aa	6,68 Aa	6,65 Aa	6,76 Aa
SIN	6,59 Aa	6,71 Aa	6,64 Aa	6,60 Aa
SLE	6,64 Aa	6,84 Aa	6,58 Aa	6,57 Aa
SPO	6,74 Aa	6,70 Aa	6,41 Aa	6,56 Aa
TBZ	5,94 Bb	6,74 Aa	6,64 Aa	6,81 Aa
TST	6,47 Aa	6,73 Aa	6,65 Aa	6,90 Aa
CV (%)	3,63			
Tratamentos	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)			
	1	2	3	4
	1	2	3	4
CGL	4,63 Ba	11,40 Aa	4,01 Bb	5,44 Bb
CLE	3,19 Ca	10,12 Aa	6,15 Bb	9,29 Aa
CPO	4,39 Ba	9,30 Aa	4,50 Bb	7,52 Aa
SGL	7,23 Aa	7,02 Ab	6,53 Ab	9,82 Aa
SIN	6,39 Aa	6,88 Ab	6,41 Ab	4,56 Ab
SLE	5,63 Aa	6,55 Ab	5,90 Ab	4,86 Ab
SPO	6,52 Aa	7,11 Ab	4,08 Bb	8,03 Aa
FGC	5,43 Ba	5,50 Bb	10,88 Aa	5,55 Bb
TST	6,66 Ca	9,58 Ba	12,69 Aa	9,38 Ba
CV (%)	24,19			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, FGC: Fungicida Amistar® (0,14 g L⁻¹ água) e TST: Testemunha (ADE). *1: três dias; 2: quatro dias; 3: cinco dias e 4: seis dias.

Neste estudo, conforme observado, na maioria dos tratamentos utilizados, houve um pico de produção de vitamina C no segundo período de armazenamento (após 4 dias). Este aumento nos teores de vitamina C, também foi evidenciado por Selahle et al. (2015), que ao estudarem as respostas pós-colheita de pimentões cultivados sob redes fotosseletivas, observaram que o conteúdo de ácido ascórbico aumentou com a maturação dos pimentões até um determinado período, passando a diminuir com o início do amadurecimento. Os teores de vitamina C também podem ser alterados em função da temperatura e tipo de armazenamento (CHITRAVATHI; CHAUHAN; RAJU, 2016).

Os dados observados neste estudo indicam que o uso dos extratos CLE, CPO, SGL e SPO apresentam influências nos teores de vitamina C, o que por sua vez é desejado, haja vista que a vitamina C apresenta diversas propriedades, como a antioxidante, bastante utilizada no tratamento e prevenção de uma gama de doenças, como doenças cardíacas e as relacionadas ao sistema imunológico (SOARES; SILVA, 2020).

Para a atividade da enzima POX nos frutos de pimentão (Tabela 4), verificou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos versus períodos, em que os tratamentos CPO, SLE e SPO, todas ao terceiro dia, apresentaram uma maior atividade enzimática no terceiro dia, sendo superior que os demais tratamentos.

Com relação a enzima PPO, na primeira avaliação (terceiro dia), observou-se que o tratamento CGL diferiu dos demais tratamentos, seguido pelo tratamento CPO (terceiro dia) e CLE (sexto dia), sendo superiores ao fungicida e a testemunha ($P \leq 0,05$). Para a atividade da enzima FAL, observou-se que os tratamentos CPO e SGL apresentaram uma maior atividade enzimática que os demais extratos, e apresentaram semelhanças com o fungicida e a testemunha (Tabela 4).

Tabela 3. Atividade enzimática da peroxidase (POX), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônio-liase (FAL) em frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) tratados com extratos da fungicultura.

Tratamentos	POX		PPO		FAL	
	3 (dias)	6 (dias)	3 (dias)	6 (dias)	3 (dias)	6 (dias)
-----UA min ⁻¹ mg ⁻¹ proteína-----						
CGL	216,96 bA	214,42 bA	10,58 aA	1,15 bB	3,10 cA	2,58 bA
CLE	243,13 bA	199,67 bA	3,29 cA	1,64 bA	9,86 aA	1,83 bB
CPO	338,42 aA	105,65 cB	6,15 bA	1,08 bB	7,43 bA	4,44 aB
SGL	101,98 cB	433,85 aA	1,34 dA	2,00 bA	2,43 cA	3,47 aA
SIN	29,27 dB	195,93 bA	0,72 dA	1,31 bA	1,39 cA	2,55 bA
SLE	325,14 aA	71,95 cB	6,45 bA	1,40 bB	2,95 cA	2,45 bA
SPO	387,26 aA	149,37 bB	4,09 cA	0,96 bB	2,41 cA	1,46 bA
FGC	179,33 bA	175,71 bA	1,02 dB	6,49 aA	2,10 cB	4,46 aA
TST	256,10 bB	453,24 aA	0,47 dB	3,29 bA	2,34 cB	4,96 aA
CV (%)	37,16		53,66		34,32	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, FGC: Fungicida Amistar® (0,14 g L⁻¹ água) e TST: Testemunha (ADE).

A peroxidase é uma das enzimas mais descritas em diversos processos relacionados a defesa de plantas, incluindo reações de hipersensibilidade, lignificação, suberização e produção de fitoalexinas, estando ligada diretamente na diminuição da severidade de doenças (CURVÊLO et al., 2013). O que foi observado neste estudo, com destaque para o tratamento SLE, o qual apresentou um dos maiores valores da enzima POX e que conferiu uma maior proteção dos frutos quando inoculados com *Colletotrichum* sp. (Figura 4).

Este aumento da atividade da peroxidase pode estar relacionado aos compostos presentes nos extratos, o que também foi observada por Menegassi et al. (2017), onde ao utilizarem extrato aquoso de *L. edodes*, houve uma maior atividade enzimática da peroxidase, o que pode estar relacionado a presença de lentinana, substância presente em *L. edodes*, a qual tem a capacidade de ativar os mecanismos de defesa vegetal.

Através do uso do extrato do cogumelo *P. ostreatus* e substrato de *G. lucidum*, observou-se um aumento na atividade da FAL, induzindo respostas de defesa nos frutos de pimentão contra *Colletotrichum* sp. Esta mesma resposta de defesa também foi observada por Yu et al. (2022), que ao submeterem pimentões ao exopolissacarídeo de *Schizophyllum commune*, observaram uma maior atividade da enzima FAL.

Segundo Augustine et al. (2024), a FAL apresenta um papel dominante na construção de defesa do hospedeiro contra patógenos, estando envolvida na ativação de reações de resistência. A FAL, é tida como uma enzima chave da via do ácido chiquímico, o qual catalisa a desaminação da fenilalanina para produção do ácido cinâmico que posteriormente é modificado em cumarinas e ligninas por redução a seus álcoois e finalmente sofre polimerização ou modificação em flavonóides, intensificando o suporte estrutural da planta com o aumento da rigidez da célula para proteger contra a penetração de patógenos (KIM et al., 2020; RIOS; ALMEIDA; SOUZA, 2021).

Enzimas como peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônio-liase desempenham um papel crucial no desencadeamento de diversas respostas imunológicas em plantas e em frutos, as quais são necessárias para neutralizar os ataques e crescimento de fitopatógenos (RISEH et al., 2023).

Extratos provenientes da fungicultura além de promoverem a destinação adequada de resíduos agrícolas para produção de cogumelos, com alto valor nutracêutico e comercial (MARTOS; HECK, 2021), seus resíduos, como o substrato gasto de cogumelos, podem ser incorporados na economia circular, atuante na proteção de frutos de pimentão e diversas outras culturas, prolongando seu tempo de armazenamento, além de manter os atributos nutricionais e exercer sua ação com mínimo de resíduos e perfil ecologicamente correto (LIU et al., 2024; ZIOGAS, 2024).

2.4 CONCLUSÃO

Os extratos provenientes da fungicultura testados neste trabalho, são agentes de biocontrole reduzindo o crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. *in vitro*;

Os extratos provenientes da fungicultura mantém a qualidade pós-colheita em pimentões *in vivo*;

A aplicação dos extratos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* e *Lentinula edodes* reduzem o crescimento micelial e esporulação *in vitro* de *Colletotrichum* sp.;

Os extratos do cogumelo *Lentinula edodes* e seu substrato gasto pós-cultivo promovem uma maior proteção em frutos de pimentão, reduzindo a severidade antracnose;

Todos os extratos induziram a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase em frutos de pimentão.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; BORDOH, P. K.; SINGH, A.; SIDDIQUI, Y.; DROBY, S.; Post-harvest development of anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): Etiology and management strategies. **Crop Protection**, v. 90, p. 132–141. 2016.
- ANDRADE, A. C.; Indução de resistência em plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) utilizando Acibenzolar-S-Metil no controle da antracnose. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, 2015.
- AOAC, Association of official agricultural chemists. Official methods of analysis. 15. ed. Washington: 1990.
- AUGUSTINE, L. VARGHESE, L.; KAPPACHERY, S.; RAMASWAMI, V. M.; SURENDRABABU, S. P.; SAKUNTALA, M.; THOMAS, G.; Comparative analyses reveal a phenylalanine ammonia lyase dependent and salicylic acid mediated host resistance in *Zingiber zerumbet* against the necrotrophic soft rot pathogen *Pythium myriotylum*. **Plant Science**, v. 340, p. 111972. 2024.
- BABA, V. Y.; CONSTANTINO, L. V.; IVAMOTO, S. T.; MOREIRA, A. F. P.; MADEIRA, T. B.; NIXDORF, S. L.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; *Capsicum-Colletotrichum* interaction: Identification of resistance sources and quantification of secondary metabolites in unripe and ripe fruits in response to anthracnose infection. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 469–477. 2019.
- BARBOSA, J. A. RAMOS, D. D.; RINADI, L. K.; STANGARLIN, J. R.; FIORENTIN, F.; Extrato de *Pycnopus sanguineus* no Controle de *Meloidogyne javanica* em Tomateiro. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5- esp., p. 783–787. 2022.
- BRADFORD, M. M.; A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254. 1976.
- BRANDÃO-FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R.; Hortaliças-fruto. Maringá-PR. **EDUEM**, 535 p. 2018.
- CHITRAVATHI, K.; CHAUHAN, O. P.; RAJU, P. S. Shelf life extension of green chillies (*Capsicum annuum* L.) using shellac-based surface coating in combination with modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 8, p. 3320–3328. 2016.
- COQUEIRO, D. S. O.; SILVA, C. N.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; LIMA, G. S. A.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, A. C.; Aplicação de suspensões de *Agaricus blazei*, *Lentinula edodes* e de acibenzolar-S-metil na redução da antracnose em frutos de maracujá-azedo. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 54–59. 2011.
- CURVÊLO, C. R. DA S.; RODRIGUES, F. A.; SILVA, L. C.; NASCIMENTO, K. J. T.; BERGER, P. G.; Mecanismos bioquímicos da defesa do algodoeiro à mancha de ramulária mediados pelo silício. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 41–51. 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FENG, G.; ZHANG, X. S.; ZHANG, Z. K.; YE, H. C.; LIU, Y. Q.; YANG, G. Z.; CHEN, C.; CHEN, M.; YAN, C.; WANG, L. Y.; ZHANG, J. X.; ZHANG, J.; Fungicidal activities of camptothecin semisynthetic derivatives against *Colletotrichum gloeosporioides* *in vitro* and in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 139–147. 2019.

FIORI, C. C. L.; MATTOS, A. P.; RISSATO, B. B.; ESTRADA, K. R. F. S.; Mushroom extract induces resistance in passion fruit and *in vitro* control of *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflorae*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 1–15. 2022.

FRANCO, N. A. D. C. MAGANHA, M. M.; MARTINS, O. G.; PIERONI, L. P.; SILVA, M. C. A. C.; Extrato aquoso de resíduo do processamento de *Lentinula edodes* no controle de fungos fitopatogênicos. **Energia na agricultura**, v. 37, n. 4, p. 23–28. 2022.

IAL, I. A. L. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4. ed. São Paulo, SP: Versão eletrônica, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/br>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ISHII, H.; WATANABE, H.; YAMAOKA, Y.; SHNABEL, G.; Sensitivity to fungicides in isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. acutatum* species complexes and efficacy against anthracnose diseases. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 182, p. 105049. 2022.

KARAGIANNIS, E.; Postharvest physiology of climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. Em: Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in **Post-Harvest Physiology of Horticultural Crops**. Elsevier, 2024. p. 1–21.

KIM, S. H.; LAM, P. Y.; LEE, M. H.; JEON, H. S.; TOBIMATSU, Y.; PARK, O. K.; The *Arabidopsis* R2R3 MYB Transcription Factor MYB15 Is a Key Regulator of Lignin Biosynthesis in Effector-Triggered Immunity. **Frontiers in Plant Science**, v. 11. 2020.

LIU, T.; TANG, Q.; LEI, H.; ZHEN, X.; ZHENG, X.; ZHENG, N.; QIU, P.; LIU, L.; ZHAO, J.; Preparation, physicochemical and biological evaluation of chitosan *Pleurotus ostreatus* polysaccharides active films for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 254, p. 127470. 2024.

MARTOS, E. T.; HECK, K. Inoculação de substrato colonizado como alternativa aos pequenos produtores de cogumelos comestíveis no Brasil. **Biofix Scientific Journal**, v. 6, n. 1, 2021.

MENEGASSI, T.; RIBAS, B. A. M.; LEITE, C. D.; FARIA, C. M. D. R.; MAIA, A. J.; Extrato de *Lentinula edodes* no controle da antracnose do feijoeiro. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 10, n. 3, p. 75–81, 2017.

QUEIROZ, A. G. DE.; Revestimento à base de própolis no controle da antracnose (*Colletotrichum* sp.) em pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing. 2023.

RIOS, J. A.; ALMEIDA, L. C.; SOUZA, E. B. DE.; Resistência de Plantas a Patógenos. 1. ed. Recife, Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

RISEH, R. S.; VAZVANI, M. G.; KENNEDY, J. F. β -glucan-induced disease resistance in plants: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 253, p. 127043. 2023.

RODRIGUES, B.; COQUEIRO, D. S. O.; DI PIERO, R. M.; Propolis and *Lentinula edodes* extracts can control the angular leaf spot of strawberry by different mechanisms. **Journal of Plant Pathology**, v. 103, n. 3, p. 799–808. 2021.

SEIFERT, K. A.; GAMS, W.; The genera of Hyphomycetes – 2011 update. **Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v. 27, n. 1, p. 119–129. 2011.

SELAHLE, K. M.; SIVAKUMAR, D.; JIFON, J.; SOUNDY, P.; Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets. **Food Chemistry**, v. 173, p. 951–956. 2015.

SHARMA, G.; MAYMON, M.; ELAZAR, M.; FREEMAN, S.; First report of *Colletotrichum aenigma* and *C. perseae* causing anthracnose disease on *Capsicum annuum* in Israel. **Crop Protection**, v. 152, p. 105853. 2022.

SOARES, M. F.; SILVA, D. X.; Investigação de compostos bioativos e atividade antioxidante em frutos do cerrado tocantinense. **Revista Cereus**, v. 12, n. 1, p. 64–76. 2020.

SYNGENTA. Bula fungicida Amistar® 500 WG (Azoxistrobina). Syngenta, 2022.
TOFFANO, L. Efeito dos extratos do albedo de *Citrus sinensis*, *Lentinula edodes*, *Agaricus blazei* e dos compostos orgânicos voláteis produzidos por *Saccharomyces cerevisiae* no controle da mancha preta dos citros. Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2010.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. Antracnose em solanáceas: Etiologia, características e controle. **Biológico**, v. 77, n. 1, p. 73–79, 2015.

VIEIRA, M. E. O.; NUNES, V. V.; CALAZANS, C. C.; SILVA-MANN, R.; Unlocking plant defenses: Harnessing the power of beneficial microorganisms for induced systemic resistance in vegetables – A systematic review. **Biological Control**, v. 188, p. 105428. 2024.

YU, H.; KIM, J. Y.; LIM, S. H.; KANG, H. W.; The defense response of pepper (*Capsicum annuum* L.) induced by exopolysaccharide from *Schizophyllum commune*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 118, p. 101810. 2022.

ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; SANTOS, M. N.; SANTOS, J. N. B.; ISLA, F. L.; Comparação de softwares de análise de imagem para a determinação da área foliar. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, 2018.

ZHANG, B.; LI, Y.; ZHANG, F.; LINHARDT, R. J.; ZENG, G.; ZHANG, A.; Extraction, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Pleurotus eryngii*: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 1342–1347. 2020.

ZHAO, Q.; LIU, X.; CUI, L.; MA, C.; Extraction and bioactivities of the chemical composition from *Pleurotus ostreatus*: a review. **Journal of Future Foods**, v. 4, n. 2, p. 111–118. 2024.

ZIOGAS, V. Exogenous postharvest application of ROS for prolonging the shelf-life of horticultural crops. Em: Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in **Post-Harvest Physiology of Horticultural Crops**. Elsevier, p. 181–206. 2024.

3 CAPÍTULO III
MANEJO DA FUSARIOSE EM PIMENTÃO COM EXTRATOS AQUOSOS DA
FUNGICULTURA

MONTEIRO, R. E. P. Manejo da fusariose em pimentão com extratos aquosos da fungicultura. 75f. Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Areia, PB. 2024.

RESUMO

O pimentão (*Capsicum annum* L.) é valorizado e cultivado em todo o mundo, o qual gera empregos diretos e indiretos ao longo de sua cadeia produtiva. A fusariose é uma das principais doenças fúngicas no pimentão, a qual pode causar danos irreparáveis levando a morte da planta. Métodos alternativos frente ao uso de químicos como o uso de extratos de resíduos da fungicultura no manejo de doenças, é uma alternativa promissora. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi determinar a eficiência de extratos da fungicultura no controle *in vitro* e na redução da infecção por *Fusarium* sp., como também avaliar a sua eficácia na ativação de enzimas relacionadas a resistência. O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. O isolado de *Fusarium* sp. foi obtido a partir de plantas de pimentão provenientes de agricultores familiares do município de Areia-PB com sintomas típicos da doença. Os tratamentos utilizados foram extratos aquosos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* (CPO), *Lentinula edodes* (CLE), *Ganoderma lucidum* (CGL), substrato gasto de *Pleurotus ostreatus* (SPO), *Lentinula edodes* (SLE) e *Ganoderma lucidum* (SGL), substrato sem o cultivo de cogumelos, todos na concentração de 10% (100 mL L⁻¹ de água), fungicida (tiabendazol) (2 mL L⁻¹ de água) e testemunha (água destilada esterilizada). No teste *in vitro* os tratamentos foram diluídos ao meio de cultura BDA, em placas de Petri e sobre o mesmo, um disco de colônia pura de *Fusarium* sp. As placas foram mantidas a 25 ± 2 °C e as avaliações foram realizadas diariamente pela mensuração do diâmetro das colônias. A quantidade de esporos foi realizada a partir da suspensão de esporos em hemacitômetro. No teste *in vivo*, as sementes de pimentão foram tratadas e inoculadas por meio de contato direto com o micélio do patógeno *Fusarium* sp. por 24 h, posteriormente foram semeadas três sementes em vasos de quatro litros contendo substrato comercial e irrigadas diariamente. foram realizadas duas aplicações via foliar dos tratamentos até ponto de escorrimento, aos 60 dias e aos 90 dias. Foram analisadas altura de plantas, diâmetro de caule, volume da raiz, massa seca de raiz e parte aérea e a avaliação da taxa de infecção. Ao final do experimento (120 dias), foram coletadas uma folha de cada repetição e determinadas a atividade enzimática da peroxidase, fenilalanina amônia liase e polifenoloxidase. Quando utilizado os extratos dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* e substrato pós-cultivo de *Lentinula edodes*, observou-se uma redução no diâmetro da colônia de *Fusarium* sp., logo, um maior percentual de inibição do crescimento micelial. Observou-se que com a aplicação dos extratos dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* e substrato pós-cultivo de *Lentinula edodes* nas plantas de pimentão, as mesmas apresentaram menor suscetibilidade a infecção por *Fusarium* sp. Os extratos dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* e substrato pós-cultivo de *Lentinula edodes* são reduzem o crescimento micelial e esporulação de *Fusarium* sp. Os extratos dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* e substrato pós-cultivo de *Lentinula edodes*, reduzem a infecção por *Fusarium* sp. e possibilitaram ganhos na matéria seca de raiz e parte aérea, beneficiando a cultura do pimentão. Todos os extratos induzem a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase em plantas de pimentão.

Palavras-chave: *Capsicum annum* L.; *Fusarium* spp.; cogumelos; controle alternativo; indução de resistência.

MONTEIRO, R. E. P. Management of fusariosis in pepper with aqueous extracts from fungiculture. 75f. Federal University of Paraíba (Master's dissertation in Agronomy). Areia, PB. 2024.

ABSTRACT

Peppers (*Capsicum annum* L.) are valued and cultivated throughout the world, which generates direct and indirect jobs throughout its production chain. Fusarium wilt is one of the main fungal diseases in pepper, which can cause irreparable damage leading to the death of the plant. Alternative methods compared to the use of chemicals, such as the use of extracts from fungiculture residues in disease management, are a promising alternative. Therefore, the objective of the work was to determine the efficiency of fungiculture extracts in controlling *in vitro* and reducing infection by *Fusarium* sp., as well as evaluating their effectiveness in activating enzymes related to resistance. The experiment was carried out in the Phytopathology Laboratory and in a greenhouse, belonging to the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba, Areia, PB. The isolate of *Fusarium* sp. was obtained from pepper plants from family farmers in the municipality of Areia-PB with typical symptoms of the disease. The treatments used were aqueous extracts of the mushrooms *Pleurotus ostreatus* (CPO), *Lentinula edodes* (CLE), *Ganoderma lucidum* (CGL), spent substrate of *Pleurotus ostreatus* (SPO), *Lentinula edodes* (SLE) and *Ganoderma lucidum* (SGL), substrate without the mushroom cultivation, all at a concentration of 10% (100 mL L⁻¹ of water), fungicide (thiabendazole) (2 mL L⁻¹ of water) and control (sterilized distilled water). In the *in vitro* test, treatments were diluted in BDA culture medium, in Petri dishes and on top of it, a disc of pure *Fusarium* sp. The plates were kept at 25 ± 2 °C and evaluations were carried out daily by measuring the diameter of the colonies. The quantity of spores was determined from the suspension of spores in a hemacytometer. In the *in vivo* test, pepper seeds were treated and inoculated through direct contact with the mycelium of the pathogen *Fusarium* sp. for 24 h, then three seeds were sown in four-liter pots containing commercial substrate and irrigated daily. Two foliar applications of treatments were carried out until the point of runoff, at 60 days and 90 days. Plant height, stem diameter, root volume, root and shoot dry mass and evaluation of the infection rate were analyzed. At the end of the experiment (120 days), one leaf from each replicate was collected and the enzymatic activity of peroxidase, phenylalanine ammonia lyase and polyphenol oxidase was determined. When using extracts from the mushrooms *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* and post-cultivation substrate of *Lentinula edodes*, a reduction in the diameter of the *Fusarium* sp. colony was observed, therefore, a greater percentage of inhibition of mycelial growth. It was observed that with the application of extracts from the mushrooms *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* and post-cultivation substrate of *Lentinula edodes* on pepper plants, they showed less susceptibility to infection by *Fusarium* sp. Extracts from the mushrooms *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* and post-cultivation substrate from *Lentinula edodes* reduce mycelial growth and sporulation of *Fusarium* sp. Extracts from the mushrooms *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* and *Lentinula edodes* post-cultivation substrate reduce infection by *Fusarium* sp. and enabled gains in root and shoot dry matter, benefiting the pepper crop. All extracts induce the production of the enzymes peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase in pepper plants.

Keywords: *Capsicum annum* L.; *Fusarium* spp.; mushrooms; alternative control; induction of resistance.

3.1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annum* L.), é uma planta nativa das Américas que possui diversas utilizações, principalmente culinários, apresenta funcionalidade nutracêutica, possuindo diversos nutrientes como, proteínas, vitaminas, fibras, minerais, além de propriedades medicinais devido à presença de fitoconstituintes (BATIHA et al., 2020; GUILHERME et al., 2020).

A cultura do pimentão é valorizada e cultivada em todo o mundo, tanto em grande escala em agricultura convencional, como também sendo constituído fonte de renda para a agricultura familiar (ABDELKHALIK et al., 2020). A produção de pimentões gera empregos diretos e indiretos ao longo da cadeia de abastecimento, incluindo agricultores, distribuidores, atacadistas, varejistas e exportadores (TRECHA et al., 2017).

A maioria das doenças que acometem o pimentão, são causadas por fungos, vírus, bactérias e nematoides e podem ser transmitidas através de sementes infectadas e/ou contaminadas (BORGES et al., 2022; KUMAR et al., 2017). Os patógenos podem causar perdas acentuadas que vão desde o campo, incluindo não germinação das sementes, tombamento das plantas, danos nas folhas e ramos, bem como até na pós-colheita com a podridão dos frutos, inviabilizando a produção (MAGALLON-ALCAZAR; VILLAR-LUNA; ZEPEDA-JAZO, 2024; WAQAS; AKBAR; ANDOLFI, 2024).

A fusariose, causada pelo fungo *Fusarium* spp., é uma doença fúngica de grande relevância na cultura do pimentão (DIHAZI et al., 2021). Este fungo pode infectar a semente, como também o sistema radicular das plantas, interrompendo o transporte de água pelo xilema, produzir micotoxinas que são capazes de matar a célula hospedeira ou desativar as funções celulares, além de infectar a planta podendo ocasionar a sua morte (ROCHA et al., 2016).

Frente ao uso de produtos químicos, como os agrotóxicos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para um manejo ecológico deste tipo de doença em pimentões, com destaque para a utilização de antagonistas (MOURA et al., 2022), óleos essenciais (SOUZA et al., 2022), extratos vegetais (YAMPING et al., 2023), e recentemente tem se destacado o uso de extratos da fungicultura, a qual se refere ao cultivo de cogumelos (WISSETSAI et al., 2023).

Pesquisas já tem demonstrado o potencial uso de cogumelos, como também os substratos pós-cultivo de cogumelos (SGC) como indutor de resistência em plantas, com destaque para os cogumelos shimeji (*Pleurotus ostreatus*) e shitake (*Lentinula edodes*), e o medicinal cogumelo

rei (*Ganoderma lucidum*) (ZHANG et al., 2019). Uma vez que os cogumelos e SGC possuem uma variedade de compostos bioativos, como polissacarídeos e polifenóis que estão ligados a atividades farmacológicas, como a regulação imunológica, antitumoral, antioxidante, antibacteriano, as quais também apresentam efeitos no controle de fitopatógenos (ZHAO et al., 2024).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi determinar a eficiência dos extratos aquosos provenientes da fungicultura no controle da fusariose *in vitro*, como também *in vivo*, por meio de sua influência nos caracteres morfoagronômicos e bioquímicos em plantas de pimentão da cultivar All Big.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização do experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) e Laboratório de Ecologia Vegetal pertencente ao departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

3.2.2 Obtenção do isolado de *Fusarium* sp.

O fungo foi isolado a partir de plantas de pimentão obtidos em área de cultivo familiar no município de Areia-PB com sintomas de murcha, típicos de *Fusarium*.

Foram realizados fragmentos de 0,5 mm do material em áreas de interseção entre o tecido lesionado e o tecido sadio, desinfestados em álcool 70° por 30 segundos, em seguida por hipoclorito de sódio 1% por 60 segundos, seguido de enxague em água destilada estéril (ALFENAS; MAFIA, 2016). Os fragmentos do tecido vegetal infectado, foram transferidos para placas de Petri (9 cm), contendo meio de cultura BDA, permanecendo por oito dias em câmara incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A confirmação da etiologia do patógeno foi realizada sob microscópio óptico, através da observação das estruturas reprodutivas (esporos), confrontando-as com as descrições realizadas por Seifert; Gams (2011).

3.2.3 Preparo dos extratos

Foram utilizados os cogumelos shimeji (*P. ostreatus*), shitake (*L. edodes*) e reish (*G. lucidum*) e seus respectivos substratos gastos provenientes de cultivo axênico em bagaço de cana de açúcar e serragem. Os cogumelos e seus respectivos substratos gastos (SGC), foram

secos em estufa de circulação de ar à 65°C até peso constante. Após secagem, foram triturados em moinho de facas (1 mm) e armazenados em sacos herméticos para posterior uso.

Para a obtenção do extrato aquoso dos cogumelos e dos SGCs, foi adicionado água destilada estéril (ADE) no pó seco de cada tratamento (14 mL/g), e após 24 h de incubação à 4 °C, a suspensão foi filtrada em gaze estéril e posteriormente centrifugada a 20.000 g por 25 minutos. O sobrenadante foi novamente filtrado em filtro Whatman 1 sob condições de assepsia e os extratos foram armazenados à 4°C para posterior utilização (FIORI et al., 2022).

Os tratamentos foram compostos pelos extratos aquosos T1- Cogumelo *P. ostreatus* (CPO), T2- Cogumelo *L. edodes* (CLE), T3- Cogumelo *G. lucidum* (CGL), T4- Substrato *P. ostreatus* (SPO), T5- Substrato *L. edodes* (SLE), T6- Substrato *G. lucidum* (SGL), T7- Substrato *in natura* (sem o cultivo de cogumelos) (SIN), todos na concentração de 10% (100 mL.L⁻¹) diluídos em ADE, T8- Fungicida (tiabendazol) (2 mL. L⁻¹ de água) (FGC) e T9- Testemunha (ADE) (TST).

3.2.4 Experimento *in vitro*

O teste *in vitro* foi realizado a partir da distribuição de 10 mL de meio BDA acrescido com os tratamentos, nas concentrações descritas anteriormente, em placas de Petri (9 cm). No centro de cada placa, foi realizada a introdução de discos de colônia pura de *Fusarium* sp. (5 mm).

As placas foram incubadas em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) a uma temperatura de 25 ± 2 °C sob fotoperíodo de 12 horas onde foi realizada, a cada 24 horas, até a colonização total pelo fungo em uma das placas, a mensuração dos diâmetros das colônias com auxílio de uma régua graduada em centímetros, em dois sentidos perpendicularmente opostos, entre as bordas, sendo efetuada a média entre essas medidas.

Esses dados foram utilizados na determinação do índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) expresso em mm.dia⁻¹, conforme a fórmula: $IVCM = \sum (D - D_a) / N$, onde: D= diâmetro médio atual da colônia; D_a= diâmetro médio da colônia do dia anterior; N= número de dias após a inoculação.

Também foi calculado o percentual de inibição do crescimento micelial (PIC), conforme fórmula: $PIC (\%) = (D_c - D_t) / (D_c) * 100$, onde: D_c= diâmetro da colônia no tratamento controle; D_t= diâmetro da colônia em determinado tratamento.

A quantificação do número de esporos produzidos foi realizada a partir da suspensão obtida pela adição de 10 mL de ADE nas placas de Petri e remoção da colônia com escova de cerdas macias e a filtragem da suspensão em dupla camada de gaze estéril, sendo determinado o número de esporos totais em hemacitômetro.

Foi calculado o percentual de inibição da esporulação (PIE) conforme a fórmula: $PIE (\%) = ((Ec - Et) / Ec) * 100$, onde: Ec= diâmetro da colônia no tratamento controle; Et= diâmetro da colônia em determinado tratamento.

3.2.5 Experimento *in vivo*

As sementes foram obtidas a partir de pimentões da variedade “All Big”, os quais foram obtidos de produtor familiar, proveniente do município de Areia-PB, (6°58’04’’S, 35°42’58’’W). As sementes beneficiadas para retirada de impurezas, separadas 50 sementes por cada tratamento, desinfestadas por meio de imersão por três minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1% e dupla lavagem em ADE, sendo colocadas para secagem sobre papel toalha à 25 ± 2 °C. Posteriormente, foram imersas em cada tratamento por cinco minutos.

Após serem submetidas aos tratamentos, as sementes foram colocadas para secagem sobre papel toalha à 25 ± 2 °C por 24h para ação dos tratamentos. Posteriormente, foram inoculadas por meio de contato direto, onde as sementes foram colocadas dentro de placas de Petri diretamente sobre o micélio do patógeno *Fusarium* sp. à 25 ± 2 °C por 24h. Após os tratamentos, foram semeadas três sementes em vasos de quatro litros contendo substrato comercial MecPlant®, as irrigações foram a cada 24h ou de acordo com as condições do substrato. Após as plantas atingirem cinco centímetros de altura (sete dias), foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

Aos 60 dias de emergência das plântulas, foi realizada a primeira aplicação via foliar dos tratamentos, na qual os extratos foram diluídos nas mesmas concentrações já descritas (100 mL L⁻¹ de ADE), colocadas em borrifador e aspergido nas plantas até o ponto de escorrimento. Foi realizada uma segunda aplicação no início da floração, aos 90 dias após a emergência.

3.2.6 Avaliações de características morfoagronômicas de plantas de pimentão tratadas

Foram realizadas avaliações de diâmetro com auxílio de paquímetro digital, bem como comprimento de planta e tamanho da raiz, por meio de régua graduada, volume da raiz, por meio de deslocamento de um volume conhecido de água (400 mL) em uma proveta graduada e taxa de infecção, na qual foram coletados fragmentos do colo da planta e incubados em meio

de cultura BDA (batata, ágar e dextrose) à 25 ± 2 °C por sete dias, finalizando com a identificação da presença ou ausência de *Fusarium* sp., onde os dados foram expressos em porcentagem de infecção.

3.2.7 Análise da atividade enzimática

Ao final do experimento, aos 120 dias, foram coletadas uma folha de cada planta, envolta em papel alumínio e armazenada à -18°C para posterior determinação das atividades enzimáticas,

Foram determinadas a atividade da peroxidase, polifenoloxidase, fenilalanina amônia-liase. A extração do material foi realizada pela maceração de 0,1 g da folha com nitrogênio líquido e adicionado 10 mL de acetato de sódio, após a obtenção de uma massa homogênea e depositada em microtubos, foram centrifugadas a 12.000 g durante 15 minutos a -4 °C e o sobrenadante foi utilizado para determinação das enzimas.

Foi realizada a quantificação das proteínas totais pelo método proposto por Bradford (1976), utilizando Soro Albumina Bovina (BSA) como padrão. Este método consiste na detecção e quantificação de proteínas pela junção em uma cubeta de 1 mL da solução de Bradford e adiciona 0,1 mL da amostra. As amostras foram incubadas em temperatura ambiente por 15 minutos. Ao término da reação realizou-se a leitura da amostra com a absorbância de 595 nm em espectrofotômetro (GENESYSTM 10S UV VIS).

A atividade da peroxidase (POX), foi determinada a partir da adição de 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de guaiacol (1,7%), 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0). e 0,25 mL de H₂O₂ (1,8%), totalizando um volume de 1,5 mL. Para o branco a composição foi a mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. A determinação da atividade enzimática foi expressa em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C. Após a mistura foi realizada a leitura e a atividade expressa em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

Para determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO), foi adicionado 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de S-metil-catecol 0,6 mM e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,8). Para o branco a composição foi a mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que substituído por ADE. As amostras foram incubadas por 15 minutos em banho maria por 40 °C, após este tempo, foi realizada a paralisação da atividade

das amostras com adição de 0,8 mL de ácido perclórico. A determinação da atividade enzimática foi expressa em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 395 nm, a 25 °C. A atividade expressa em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

Para a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), foi determinada adicionando 0,5 mL do extrato enzimático em tubos de ensaio com a adição de 1,5 mL da solução de tampão TRIS (0,01M, pH 8,8), 0,5 mL de solução de fenilalanina (substrato) e 0,5 mL de ADE. No branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, foi composto por todas as soluções do meio de reação exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. Os tubos contendo as amostras foram incubadas em banho-maria a 40 °C, durante 60 minutos. Em seguida as amostras foram paralisadas com a adição de 0,1 mL de ácido clorídrico a 5,0 M. A leitura foi realizada em cubeta de quartzo no espectrofotômetro pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 290 nm, a 25 °C e os resultados foram expressos em Unidades de Absorbância (UA). min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

3.2.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado para o teste *in vitro*, utilizando-se cinco repetições, sendo cada unidade experimental composta por duas placas de Petri. Para o teste *in vivo* o delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, em seguida, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) com auxílio do software estatístico R[®] versão 4.1.2 (R Core Team, 2023).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao utilizar os extratos aquosos provenientes da fungicultura, ou seja, os extratos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* e *Ganoderma lucidum* e seus substratos pós-cultivo, para avaliar seu efeito *in vitro* sobre *Fusarium* sp., observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) em todas as variáveis analisadas (Tabela 5).

Para diâmetro médio da colônia (DC) e percentual de inibição de crescimento micelial (PIC), verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$), com destaque para cogumelo *Ganoderma lucidum* (CGL), cogumelo *Pleurotus ostreatus* (CPO) e substrato *Lentinula edodes* (SLE) que

apresentaram menor DC e consequentemente maior PIC, diferindo dos demais extratos e da testemunha (Tabela 5).

Em relação ao índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Fusarium* sp., observou-se comportamento semelhante ao descrito para o DC e PIC (Tabela 5). Os tratamentos com CGL, CPO e SLE, foram eficientes na redução do IVCM de *Fusarium* sp., sendo diferente da testemunha.

Tabela 5. Diâmetro da colônia (DC), porcentagem de inibição da colônia (PIC), índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), produção de esporos (PE) e porcentagem de inibição da esporulação (PIE) de *Fusarium* sp. exposto a produtos alternativos.

Tratamentos	DC	PIC	IVCM	PE	PIE
	---cm---	---%---		10 ⁵ esporos mL ⁻¹	---%---
CGL	8,55 b	4,19 b	3,09 b	234,56 b	20,83 b
CLE	9,00 a	0,00 c	3,33 a	572,96 a	0,00 c
CPO	8,71 b	2,47 b	3,16 b	339,60 b	0,00 c
SGL	8,83 a	1,30 c	3,29 a	239,20 b	15,55 b
SIN	8,87 a	1,20 c	3,32 a	270,48 b	15,14 b
SLE	8,54 b	4,40 b	3,16 b	474,24 a	0,00 c
SPO	9,00 a	0,00 c	3,36 a	491,44 a	0,00 c
TBZ	0,00 c	100 a	0,00 c	0,00 c	100 a
TST	8,93 a	0,00 c	3,30 a	292,08 b	0,00 c
CV (%)	2,13	12,18	2,97	41,54	78,10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida (tiabendazol) (2 mL L⁻¹ de água) e TST: Testemunha (BDA).

Apenas o fungicida tiabendazol apresentou ação fungicida sobre *Fusarium* sp. Apesar deste fungicida não ter indicação diretamente para este patógeno, foi utilizado por ser o mais próximo possível de sua utilização e é o recomendado para esta cultura. O fungicida utilizado possui ação sistêmica, sendo composto por thiazol e benzimidazole, o qual inibe a síntese de β -tubulina, interrompendo a formação dos fusos durante a divisão celular fúngica, inibindo desta forma seu crescimento micelial e esporulação (SYNGENTA, 2022b). Conforme observado neste estudo, não houve crescimento micelial e esporulação do patógeno.

Apesar dos extratos utilizados não apresentarem ação fungitóxica sobre *Fusarium* sp., observou-se inibição do crescimento das colônias nos extratos CGL, CPO e SLE de quase 5%. Quanto a porcentagem de inibição de esporos (PIE), os extratos da fungicultura CGL e SGL,

apresentaram efeito inibitório sobre a produção de esporos de *Fusarium* sp., chegando a uma inibição superior à 20% (CGL).

Com a redução da esporulação de *Fusarium* sp., com o uso de extratos, diminui-se as chances deste fungo em colonizar novas plantas e se perpetuar, haja vista que um pequeno foco deste patógeno pode contaminar outras plantas e culturas, ficar latente no solo, além de ocasionar perdas econômicas significativas e riscos à saúde humana (WAQAS; AKBAR; ANDOLFI, 2024).

Esta baixa inibição de esporos observada nos tratamentos quando comparada com o fungicida, pode estar relacionada com a variedade de cogumelo utilizada, uma vez que vários isolados de cogumelos podem apresentar quantidades, composições ou atividades diferentes de substâncias inibitórias, a depender da espécie utilizada, método de cultivo e a composição do substrato (RODRIGUES et al., 2021).

A inibição da esporulação também pode estar relacionada a concentração dos extratos, uma vez que Oliveira et al. (2019), ao realizarem a separação dos constituintes do cogumelo *L. edodes* e testarem diferentes concentrações dos extratos, observaram uma maior eficiência nas concentrações mais altas (20%), apresentando uma maior indução de resistência, com aumento nos níveis enzimáticos e incremento na produtividade na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Sendo necessários novos estudos com o uso de diferentes concentrações destes extratos para entender melhor seu comportamento.

Com relação a taxa de infecção (TI) de *Fusarium* sp. em plantas de pimentão, observou-se diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos utilizados (Figura 7). As plantas tratadas com os extratos CGL, CLE, SLE e SIN, apresentaram menor suscetibilidade que os demais tratamentos, reduzindo a infecção por *Fusarium* sp.

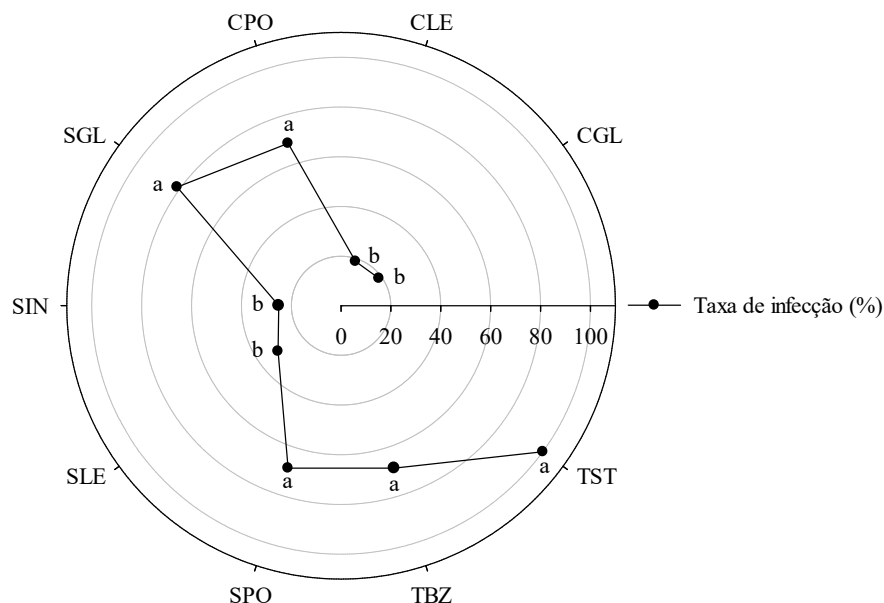


Figura 5. Taxa de infecção (TI) de *Fusarium* sp. em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) oriundas de sementes inoculadas e tratadas com extratos da fungicultura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida (tiabendazol) (2 mL L^{-1} de água) e TST: Testemunha (ADE).

O cogumelo *G. lucidum* (CGL), é amplamente utilizado na medicina tradicional chinesa para tratar doenças, o corpo de frutificação e o micélio deste fungo são ricos em triterpenóides, especialmente o triterpenóide ganodérico (GT) que possui grande participação nas vias de sinalização, como do ácido salicílico, molécula com um papel vital nos sistemas reguladores de defesa das plantas, uma das responsáveis por induzir resistência a muitos patógenos (GU et al., 2018).

Já o cogumelo *L. edodes* (CLE), apresenta propriedades elicitoras, as quais induzem a expressão de genes relacionados à patogênese, as mesmas são reconhecidas por receptores presentes dentro ou sobre a planta e ativam as vias de sinalização de defesa (ABDUL-MALIK et al., 2020). Conforme demonstrado na redução da severidade de *Exserohilum turcicum* e *Colletotrichum sublineolum* em cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor*) (PICCININ et al., 2010) e *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (OLIVEIRA et al., 2019), corroborando com os dados observados neste estudo com a redução da severidade de *Fusarium* sp. em pimentão (*Capsicum annuum*).

O substrato gasto de cogumelos (SGC), é um material biodegradado pela ação de diversas enzimas, rico em metabólitos secundários com propriedades biológicas, atividade antimicrobiana, nematicida e fungicida (SUDHEER et al., 2022). Ao utilizarem extrato de

substrato gasto de *L. edodes* (SLE), Fonseca et al. (2023), observaram uma redução da severidade de *Bipolaris maydis* em milho Fonseca et al. (2023), em aproximadamente 60%, confirmando os dados observados neste estudo.

Este acontecimento pode ter sido influenciado pelos compostos químicos presentes nos extratos, os quais possuem diferentes fitoquímicos e constituintes bioativos como esteróides, terpenóides, fenóis, flavonóides entre outros (CRUZ et al., 2019), os quais exercem ação antibacteriana e antifúngica, que atuam na proteção contra danos oxidativos e aumento da imunidade das plantas (FIORI et al., 2022).

Os fitoquímicos conforme mencionados, apresentam toxicidade contra fungos, uma vez que possuem a capacidade de afetar a integridade da membrana celular e da parede celular do fungo, alterar o pH do ambiente celular no tecido vegetal de modo que o crescimento, a esporulação e a germinação dos esporos do fungo pode ser prejudicada, alterar as vias metabólicas ao interferir nas funções das enzimas do fungo e causar alterações estruturais e funcionais na composição celular (TEREFE; YITAYIH; MENGESHA, 2023).

Os resultados obtidos para altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e volume de raiz, não apresentaram diferenças, independente dos tratamentos testados. Já para massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (Tabela 6), foram observadas diferenças entre os tratamentos utilizados ($P \leq 0,05$), onde CGL, CLE, CPO, SLE e TST, foram superiores ao fungicida.

Tabela 4. Comprimento (CR) e volume de raízes (VR) e massa seca da parte aérea (MSA) e raízes (MSR) de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) oriundos de sementes inoculadas com *Fusarium* sp. e tratadas com extratos da fungicultura.

Tratamentos	CR	VR	MSA	MSR
	----- (cm) -----	----- (cm ³) -----	----- (g) -----	
CGL	56,66 a	44,06 a	30,21 a	17,65 a
CLE	56,50 a	51,25 a	36,37 a	14,35 a
CPO	54,72 a	45,00 a	25,47 b	15,13 a
SGL	66,32 a	41,25 a	31,28 a	10,79 b
SIN	64,29 a	53,44 a	25,70 b	9,03 b
SLE	54,41 a	50,63 a	33,16 a	16,85 a
SPO	58,79 a	42,81 a	24,41 b	8,58 b
TBZ	60,50 a	41,25 a	22,40 b	10,95 b
TST	52,25 a	35,00 a	33,53 a	13,31 a
CV (%)	15,75	32,63	15,98	32,40

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida (tiabendazol) (2 mL L⁻¹ de água) e TST: Testemunha (ADE).

Apesar dos dados observados nos tratamentos com CGL, CLE, CPO e SLE para a MSA e MSR apresentarem semelhanças com a testemunha, as propriedades biológicas presentes nos extratos podem auxiliar no desenvolvimento das plantas, influenciando sua fisiologia tendo resposta na absorção de nutrientes, maior crescimento e desenvolvimento da parte aérea, consequentemente uma maior produção de fotoassimilados e ganhos na produtividade e qualidade dos frutos, conforme já foi demonstrado por Li et al. (2022) e Porto et al. (2018).

Em relação a atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO), observou-se que o tratamento CPO diferiu dos demais tratamentos, sendo superior ($P \leq 0,05$). Para a atividade da Fenilalanina amônia-liase (FAL), observou-se que CLE, SIN, SPO e SLE foram os que apresentaram diferenças quando comparados com a testemunha apresentando maiores atividades (Figura 6).

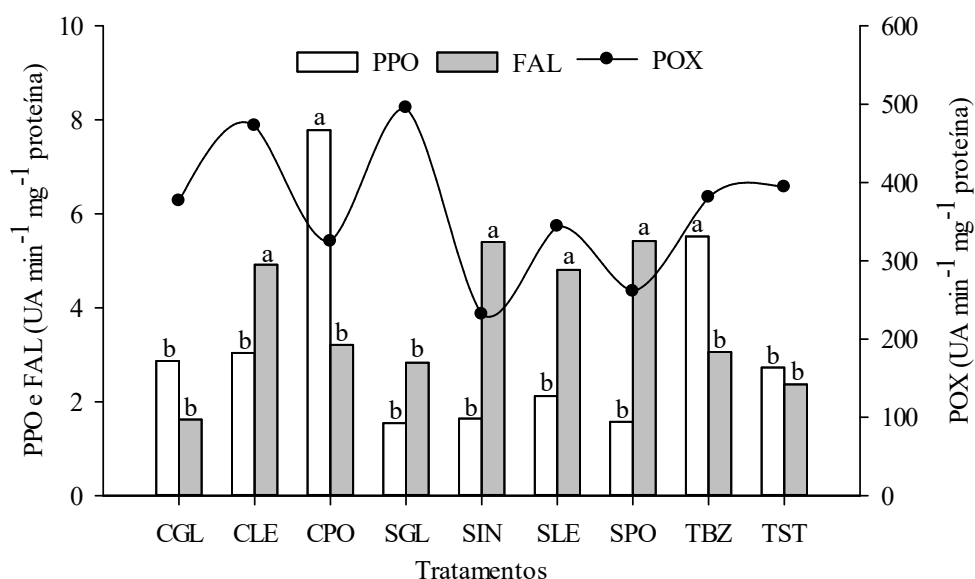


Figura 6. Atividade enzimática da peroxidase (POX), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônio-liase (FAL) em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) oriundas de sementes inoculadas com *Fusarium* sp. e tratadas com produtos alternativos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). CGL: Cogumelo *Ganoderma lucidum*, CLE: Cogumelo *Lentinula edodes*, CPO: Cogumelo *Pleurotus ostreatus*, SGL: Substrato *Ganoderma lucidum*, SIN: Substrato *in natura*, SLE: Substrato *Lentinula edodes*, SPO: Substrato *Pleurotus ostreatus*, TBZ: Fungicida Tecto® (2 mL L⁻¹ de água) e TST: Testemunha (ADE).

Os constituintes do tratamento CPO, induziu uma maior atividade da enzima PPO, a qual exerce um papel essencial na lignificação das paredes celulares, com a deposição de lignina, formação de suberinas, polissacarídeos e glicoproteínas ricas em hidroxiprolina, as quais estão relacionadas com a proteção contra a invasão de fitopatógenos (ABDUL MALIK;

KUMAR; NADARAJAH, 2020b), beneficiando desta foram as plantas de pimentão possibilitando ganhos na produção e produtividade

Analisando a atividade da FAL, a mesma apresentou maiores atividades nos tratamentos CLE, SIN, SPO e SLE. Considerada uma enzima chave, a FAL desempenha um papel importante nas reações do metabolismo de compostos fenólicos, bem como na defesa das plantas, pois está envolvida na biossíntese do ácido salicílico (SA), o qual é um dos principais reguladores das vias de sinalização interconectados dos mecanismos de defesa das plantas para superar as condições de estresse (MEENA et al., 2022).

Ao estudarem compostos bioativos de cogumelos no manejo da gravidade de oídio (*Erysiphe diffusa*) em plantas de soja, Cruz et al. (2019) constataram indução de resistência nas plantas pela ativação de fitoalexinas, ativação da enzima fenilalanina amônia-liase, aumento de compostos fenólicos, peroxidases e atividade de quitinase.

A síntese de fitoalexinas, metabólito antimicrobiano, está diretamente ligada com a defesa química das plantas (HELDT; PIECHULLA, 2021). Uma vez que a resposta de defesa é iniciada pela percepção de elicitores como moléculas sinalizadoras por receptores alvo que induzem uma cascata de sinalização complexa, mostrando respostas de defesa em plantas, como produção de proteínas PR, além de atuar diretamente na área lesionada do hospedeiro, com seu acúmulo no local da infecção para prever o crescimento de patógenos, se destacando como um importante composto defensivo das plantas contra muitos patógenos necrotróficos e biotróficos (KAUR et al., 2022)

Os extratos da fungicultura possuem componentes que podem estimular genes de resistência mediante a ativação de diferentes vias enzimáticas de defesa e aumento da explosão oxidativa (SINGH; VYAS, 2023). Se destacando como uma alternativa para produtores orgânicos, frente ao uso de produtos químicos, que além de proteger as plantas contra o ataque de patógenos, possibilita uma economia circular, associando o desenvolvimento econômico a um melhor uso dos recursos naturais (DA CRUZ et al., 2022; LI et al., 2022c)

3.4 CONCLUSÃO

Os extratos dos cogumelos *Ganoderma lucidum* e *Pleurotus ostreatus*, como também os substratos gastos de *Lentinula edodes* e *Ganoderma lucidum*, são eficientes na redução do crescimento micelial de *Fusarium* sp. *in vitro*;

A aplicação dos extratos com dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes*, bem como dos extratos do seu respectivo substrato no tratamento de sementes, reduzem a taxa de infecção em plantas de pimentão, indicando sua viabilidade como alternativa para o manejo de *Fusarium* sp. na cultura;

A aplicação dos extratos dos cogumelos *P. ostreatus*, *L. edodes* e os substratos gastos dos cogumelos *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* e *Ganoderma lucidum*, induzem a produção das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase em plantas de pimentão indicando uma possível indução de resistência.

REFERÊNCIAS

- ABDELKHALIK, A. PASCUAL, B.; NÁJERA, I.; DOMENE, M. A.; PASCUAL-SEVA, N.; Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. **Irrigation Science**, v. 38, n. 1, p. 89–104, 16. 2020.
- ABDUL MALIK, N. A.; KUMAR, I. S.; NADARAJAH, K. Elicitor and Receptor Molecules: Orchestrators of Plant Defense and Immunity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 3, p. 963, 31. 2020.
- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Métodos em Fitopatologia. 2. ed. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2016.
- BATIHA, G. E. S. ALQAHTANI, A.; OJO, O. A.; SHAHEEN, H. M.; WASEF, L.; Biological Properties, Bioactive Constituents, and Pharmacokinetics of Some *Capsicum* spp. and Capsaicinoids. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 15, p. 5179, 22. 2020.
- BORGES, L. S.; CASAIS, L. K. N.; SANTOS, T. V.; AVIZ, R. O.; Relato de experiencia: práticas de manejo de cultivo de pimentão nas condições edafoclimáticas paraense. Em: Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - Volume 4. **Editora Científica Digital**, p. 246–262. 2022.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254. 1976.
- CRUZ, M. P.; MAZARO, S. M.; BRUZAMARELLO, J.; VISMARA, E. S. GHEDIN, A. L.; POSSENTI, J. C.; VÍTOLO, F. M. D.; Bioactive Compounds of *Ganoderma lucidum* Activate the Defense Mechanisms of Soybean Plants and Reduce the Severity of Powdery Mildew. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 13, p. 99, 15. 2019.
- CRUZ, P.; FELIPINI, R. B.; CARDOZO, M. M.; MAZARO, S. M.; DI PIERO, R. M.; *Ganoderma lucidum* mycelial growth filtrate and the mycelial extract increase defense responses against *Septoria leaf* spot in tomato. **Biological Control**, v. 173, p. 105002. 2022.
- DARTORA, J.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; PAULETTI, D. R.; Crescimento e Produção da Couve-da-Malásia Submetida a Adubação Nitrogenada. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 133–142, 30. 2014.
- DIHAZI, A.; NAAMANI, K. NABGUI, A.; MEZIANE, A.; EL ODAFAR, C.; DIHAZI, H.; Proteome analysis of an aggressive and a hypoaggressive isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp albedinis showing several differently expressed-proteins related to the aggressiveness. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 116, p. 101738. 2021.
- FIORI, C. C. L.; MATTOS, A. P.; RISSATO, B. B.; ESTRADA, K. R. F. S.; Mushroom extract induces resistance in passion fruit and *in vitro* control of *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflorae*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 1–15, 31. 2022.

FONSECA, J. A. V.; SUÁREZ, D. F. P.; SCHAUFFLER, G. P.; FELIPINI, R. B.; GASPERI, H. N.; DI PIERO, R. M.; Maize protection against *Bipolaris maydis* using *Lentinula edodes*, Aloe vera and acibenzolar-S-methyl. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 130, n. 6, p. 1401–1409, 8. 2023.

FRANS, M.; AERTS, R.; CEUSTERS, N.; LUCA, S.; CEUSTERS, J.; Possibilities of modified atmosphere packaging to prevent the occurrence of internal fruit rot in bell pepper fruit (*Capsicum annuum*) caused by *Fusarium* spp. **Postharvest Biology and Technology**, v. 178, p. 111545. 2021.

GU, L.; ZHENG, Y.; LIAN, D.; ZHONG, X.; LIU, X.; Production of triterpenoids from *Ganoderma lucidum*: Elicitation strategy and signal transduction. **Process Biochemistry**, v. 69, p. 22–32. 2018.

GUILHERME, R.; RODRIGUES, N.; MARX, I. M. G.; DIAS, L. G.; VELOSO, A. C. A.; RAMOS, A. C.; PERES, A. M.; PEREIRA, J. A.; Sweet peppers discrimination according to agronomic production mode and maturation stage using a chemical-sensory approach and an electronic tongue. **Microchemical Journal**, v. 157, p. 105034. 2020.

HELDT, H.-W.; PIECHULLA, B. Special Metabolites Fulfill Specific Biological and Ecological Functions in Plants. Em: **Plant Biochemistry**. Elsevier, 2021. p. 373–389.

KAUR, S.; SAMOTA, M. K.; CHOUDHARY, M.; CHOUDHARY, M.; PANDEY, A. K.; SHARMA, A.; THAKUR, J.; How do plants defend themselves against pathogens- Biochemical mechanisms and genetic interventions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 28, n. 2, p. 485–504. 2022.

KUMAR, H.; AHMAD, S.; ZACHARIA, S.; KUMAR, S.; ALI, A.; Impact of different fungicides combination against brown leaf spot (*Drechslera oryzae*) of rice under the *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 1, p. 341–344, 2017.

LI, H.; YOSHIDA, S.; MITANI, N.; EGUSA, M.; TAKAGI, M.; Disease resistance and growth promotion activities of chitin/cellulose nanofiber from spent mushroom substrate to plant. *Carbohydrate Polymers*, v. 284, p. 119233. 2022.

MAGALLON-ALCAZAR, J.; VILLAR-LUNA, E.; ZEPEDA-JAZO, I. K⁺ efflux as an ionic response to *Phytophthora capsici* in seedlings of *Capsicum annuum*. **Plant Stress**, v. 11, p. 100317. 2024.

MARTÍNEZ-IBARRA, E.; GÓMEZ-MARTÍN, M.; ARMESTO-LÓPEZ, X.; Climatic and Socioeconomic Aspects of Mushrooms: The Case of Spain. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1030, 16. 2019.

MEENA, M.; YADAV, G.; SONIGRA, P.; NAGDA, A.; Role of elicitors to initiate the induction of systemic resistance in plants to biotic stress. **Plant Stress**, v. 5, p. 100103. 2022.

OLIVEIRA, A. C.; MENEGASSI, T.; MAIA, A. J.; FARIA, C. M. D.; GARCIA, C.; *Lentinula edodes* extract in the control and induction of resistance to common bean pathogens. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 14, n. 4, p. 1–6. 2019.

PICCININ, E.; DI PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F. Cogumelo “shiitake” (*Lentinula edodes*) reduz o crescimento de fitopatógenos e a severidade de manchas foliares em sorgo. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 68–72. 2010.

PORTO, T. B.; SOARES, V. N.; REIS, B. B.; ALMEIDA, A. S.; RODRIGUES, D. B.; TUNES, L. M.; Parâmetros de crescimento de plântulas de pimentão na semeadura em diferentes substratos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 117, n. 1, p. 69–76, 2018.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing. 2023.

ROCHA, F. DA S.; FERREIRA, G. H. S.; SILVA, T. C. S. R.; AMARAL, F. L.; MUNIZ, M. F. S.; PEREIRA, E. A.; Caracterização de *Fusarium solani* f. sp. piperis, produção de fitotoxina e incidência da fusariose no norte de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 67–72. 2016.

RODRIGUES, B.; COQUEIRO, D. S. O.; DI PIERO, R. M.; Propolis and *Lentinula edodes* extracts can control the angular leaf spot of strawberry by different mechanisms. **Journal of Plant Pathology**, v. 103, n. 3, p. 799–808. 2021.

SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D. J. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. Chiapas, México: ECOSUR, México, 2017.

SEIFERT, K. A.; GAMS, W. The genera of Hyphomycetes – 2011 update. **Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v. 27, n. 1, p. 119–129. 2011.

SINGH, C.; VYAS, D.; Use of *Ganoderma lucidum* extract to elevate the resistance in chickpea against the *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 56, n. 8, p. 605–624. 2023.

SUDHEER, S.; BAI, R. G.; MUHOOSAMY, K.; TUVIKENE, R.; GUPTA, V. K.; MANICKAN, S.; Biosustainable production of nanoparticles via mycogenesis for biotechnological applications: A critical review. **Environmental Research**, v. 204, p. 111963. 2022.

SYNGENTA. Bula fungicida Tecto® Sc (Tiabendazol). Syngenta. 2022.
TEREFE, H.; YITAYIH, G.; MENGESHA, G. G. Phytochemicals reduced growth, sporulation and conidial dimensions of *Fusarium verticillioides*, cause of fumonisin contamination in *maize grains*. **Biotechnology Reports**, v. 40, p. 819. 2023.

TRECHA, C.; LOVATTO, P.; MAUCH, C. Entraves do cultivo convencional e as potencialidades do cultivo orgânico do pimentão no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n. 3, p. 291–302. 2017.

WAQAS, H. M.; AKBAR, M.; ANDOLFI, A.; Soil amendment with *Chenopodium album* mitigated the deleterious effects of *Fusarium* wilt in chilies by modulating the biochemical and physiological attributes. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 2024.

ZHANG, Z.; DIAO, H.; WANG, H.; WANG, K.; ZHAO, M.; Use of *Ganoderma Lucidum* polysaccharide to control cotton *Fusarium wilt*, and the mechanism involved. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 158, p. 149–155. 2019.

ZHAO, Q.; LIU, X.; CUI, L.; MA, C.; Extraction and bioactivities of the chemical composition from *Pleurotus ostreatus*: a review. **Journal of Future Foods**, v. 4, n. 2, p. 111–118. 2024.

ZHU, Q.; CHEN, L.; CHEN, T.; XU, Q.; HE, T.; WANG, Y.; DENG, X.; ZHANG, S.; PAN, Y.; JIN, A.; Integrated transcriptome and metabolome analyses of biochar-induced pathways in response to *Fusarium wilt* infestation in pepper. **Genomics**, v. 113, n. 4, p. 2085–2095. 2021.