

IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE PUC-CAMPINAS

WIPIS VII WIPIS

Apoio: Agência das Bacias PCJ

COMITÊS PCJ

CONTROLE BIOLÓGICO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS EM *CITRUS* PÓS-COLHEITA

Antônio Rony da Silva Pereira Rodrigues, Universidade Estadual do Ceará,
ronny346silva@gmail.com

Resumo

O desenvolvimento de novas tecnologias para controle e combate de fungos fitopatogênicos em frutas cítricas é essencial, visto que o setor tem alto impacto na economia nacional, sendo o Brasil um dos principais exportadores de frutas cítricas no mundo, e as doenças fúngicas, principalmente no período pós-colheita é uma das principais causas de prejuízos ao setor. Tendo em vista a importância do setor para a economia do país, o presente estudo busca caracterizar possíveis biotecnologias sustentáveis para o manejo e controle de fungos fitopatogênicos de doenças pós-colheita, através do desenvolvimento de uma revisão integrativa de literatura (RI). A busca se deu através do conjunto de termos (“*diseases or phytopathogens or citrus growing and fungi*”) and (“*postharvest diseases and citrus growing and phytopathogenic fungi*”), junto ao operador booleano OR e AND, nas bases de dados ScienceDirect e Google Scholar. Após a seleção dos estudos, 10 artigos foram incluídos na amostra final da RI. Foram identificados como os principais fitopatogênicos os fungos do gênero *Penicillium* com destaque para as espécies *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum*, que estão relacionadas ao crescimento dos bolores azuis e verdes.

Palavras-chave: *Citrus*, doenças fúngicas, fitopatógenos, controle de fungos.

1. Introdução

A citricultura representa uma cultura agrícola importante economicamente para o Brasil. O setor movimentava a cadeia de geração de empregos, de forma direta e indireta, contribuiu para a balança comercial nacional e reflete significativamente na geração de capital e no desenvolvimento social (ZULIAN et al., 2013).

De acordo com a CitrusBR (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos), a safra total 2022/2023 deve fechar em 319,9 milhões de caixas de 40,8 Kg. Sendo uma parte voltada para exportação. Entre julho de 2021 e junho de 2022, o Brasil exportou 1 milhão de toneladas de suco de laranja, tendo o principal destino a Europa, que corresponde a 57,3% da exportação de suco de laranja nacional (CITRUSBR, 2022).

As características climáticas e a variedade do solo brasileiro o tornam favoráveis para a produção de laranja no país, o que tornou o Brasil um mercado relevante mundialmente, quando se trata de produção e exportação da laranja e dos seus derivados (MEDEIROS et al., 2013).

Além das condições climáticas e do solo, os avanços na agricultura, contribuiu no aumento da produção e segurança de alimentos nas últimas décadas, através do uso de maquinários,



defensivos e insumos agrícolas (DWIVEDI et al., 2016). Porém, algumas tecnologias utilizadas nas atividades agrícolas podem ser perigosas aos seres humanos e ao meio ambiente, tendo que avaliar e equilibrar os benefícios e os danos causados (DONLEY, 2019).

Nesse sentido, o objetivo desta revisão bibliográfica foi a de caracterizar possíveis biotecnologias sustentáveis para o manejo e controle de fungos fitopatogênicos de doenças pós-colheita em culturas cítricas.

2. Fundamentação teórica

Os fungicidas são utilizados em diversas culturas, e são uma alternativa importante para a agricultura atual, contra doenças durante o plantio ou pós-colheita (DARA, 2019). Tendo em vista, que as perdas de produção de frutos por patógenos fúngicos são estimadas em 50% da produção total de frutos, com destaque aos patógenos que atacam o fruto depois da colheita (ZHANG et al., 2017).

As doenças pós-colheita podem iniciar no campo e ficarem latentes, manifestando-se somente após a colheita em condições ambientais favoráveis (GOMES, 1996). Os fitopatógenos podem causar perda de até 50% na de laranja, no período de pós-colheita (ECKERT, 1993).

As perdas econômicas podem chegar na ordem de US\$ 851 milhões, apenas no estado de São Paulo, representando uma queda de 24% do valor líquido da citricultura, nos últimos 35 anos, quando utilizado meios para controle de doenças, o que demonstra a importância de investimentos na pesquisa para controle de pragas no setor (FIGUEIREDO et al., 2009).

3. Metodologia

Realização da busca por estudos

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa de literatura (RI). A revisão integrativa, aborda uma ampla metodologia, pois faz uso da combinação de dados da literatura teórica e empírica, estudos não experimentais e estudos experimentais (Souza et al., 2010). Levando em conta o objetivo do estudo, levantou-se o seguinte questionamento: quais fungos atuam como patógenos em na citricultura e quais biotecnologias estão sendo aplicadas para combater ou controlar esses fitopatógenos?

A busca por estudos se deu entre os meses de junho e julho de 2022, utilizando as bases de dados: ScienceDirect (*Elsevier*) e Google acadêmico (*Google Scholar*). Na busca foi utilizado dois grupos de palavras, com três termos, associado ao operador booleano OR e AND: (“*diseases or phytopathogens or citrus growing and fungi*”) and (“*postharvest diseases and citrus growing and phytopathogenic fungi*”), os termos foram pesquisados em língua inglesa e portuguesa.

A partir dos achados, estabeleceu-se como critérios de inclusão: trabalhos do sistema *open access* e publicados entre 2018 – 2022, em qualquer idioma. Foram excluídos: trabalhos incompletos, livros e capítulos de livros, trabalhos publicados em eventos, estudos fora do período



de publicação proposto e fora do sistema *open access*.

4. Resultados

No levantamento bibliográfico foram encontrados 33.353 estudos, sendo 753 na base ScienceDirect, 32.b00 no Google Scholar, esses estudos foram identificados como possivelmente relevantes ao estudo. Os 33.353 estudos passaram por seleção, através da aplicação de critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos trabalhos dentro do sistema *open access* e que foram publicados entre 2018 a 2022, para a exclusão foram aplicados os critérios de trabalhos incompletos, artigos fora do sistema *open access*, livros e capítulos de livros, trabalhos publicados em eventos e estudos fora do período de publicação proposto, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão 4.146 estudos passaram para a próxima etapa.

Os 4.146 estudos foram lidos título, resumos e palavras-chave, onde 3.788 estudos foram excluídos, por serem avaliados como irrelevantes para o presente estudo ou não responderem à pergunta norteadora da revisão, passando 358 estudos para a etapa final de seleção.

Todos os 358 artigos foram lidos na íntegra, para avaliar todos os dados e se respondem à pergunta norteadora proposta na RI. Após a leitura e análise dos estudos, 10 artigos foram considerados apropriados e integram a amostra final incluída na RI, sendo 4 estudos pertencente a base ScienceDirect e 6 do Google Acadêmico. A caracterização dos estudos, sua relevância a temática abordada e outros aspectos pode ser vista na Tabela 1.

Fungos em citriculturas

A fruta cítrica é suscetível à podridão pós-colheita por infecção fúngica. Os tecidos podres podem ser infectados por *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, entre outros fungos (LUO et al., 2022). Mofos azuis e verdes, causados por *P. italicum* e *P. digitatum*, são duas doenças devastadoras para frutas cítricas, pois invalida a comercialização dos frutos, causando perdas e danos econômicos (TALIBI et al., 2014).

A podridão causada pelo fitopatógeno *alternaria citri*, conhecida como podridão negra, é uma das principais doenças em citriculturas. O fungo forma hifas na superfície das plantas, a doença ocorre em todo o mundo, provocando danos econômicos aos produtores de frutas cítricas (ANWAAR et al., 2020).

O bolor verde, causado por *P. digitatum*, é uma das doenças que mais acontecem no período de pós-colheita de frutos cítricos em todo o mundo. O *P. digitatum* produz esporos, que fixam na superfície dos frutos e são levados por todo o campo, ficando presente nos galpões, embalagens, câmaras de resfriamento e no transporte. Inicialmente o fruto apresenta uma mancha mole, que libera líquido e posteriormente é recoberta pelo micélio branco e esporos de coloração verde-oliva, que caracteriza a doença (BENATO et al., 2018).

Controle atualmente utilizados em fungos em *citrus*

O controle de fungos da pós-colheita é realizado com a aplicação de produtos fungicidas, com objetivo de reduzir os inóculo de patógenos na superfície dos frutos, erradicar as infecções produzidas no campo e inibir a esporulação e dispersão de esporos (POZZAN, 1997).

Atualmente, o controle dos fungos *P. italicum* e *P. digitatum*, fitopatógeno dos mofos azuis e verdes, depende da aplicação regular de agentes químicos fungicidas, que ocasiona o surgimento de resistência dos patógenos aos fungicidas, provoca riscos toxicológicos, mortalidade de organismos não visados e poluição ao meio ambiente (TALIBI et al., 2014).

O controle do bolor verde provocado pelo fungo *Penicillium digitatum* é feito principalmente com uso dos fungicidas em pós-colheita, preferencialmente tiabendazol e imazalil, aplicados isoladamente ou em mistura nas casas de embalagem das frutas (FISCHER et al., 2009; BOUBAKER et al., 2009).

Manejo preventivo

O manejo de forma sustentável é descrito como um conjunto de técnicas auxiliares ao controle químico ou biológico da praga, que se propõem a amenizar os danos causados pelo uso de defensivos agrícolas e favorecer o controle biológico sustentável (BENVENGA et al., 2017).

Afim de garantir que a cultura não passe por problemas causados por fungo, principalmente a podridão, é necessário fazer manejo da cultura através da irrigação, adubação e eliminação de plantas debilitadas. A irrigação antecipa a quebra do estresse hídrico, permitindo o florescimento antes do período chuvoso e evitando infecções. A adubação equilibrada aumenta as chances de as plantas não adquirirem a infecção, enquanto a eliminação de plantas debilitadas, mantém a saúde do pomar e evita a dissipação dos agentes patógenos (FUNDECITRUS, 2022).

O uso da cobertura morta também é uma possibilidade para o manejo das doenças causadas por patógenos fúngicos, pois contribui para formação de barreira física contra os patógenos, auxilia na manutenção da umidade, diminuição a lixiviação, controla as ervas daninhas e desempenha papel de desenvolvimento e permanência da microbiota antagonista (ZAUZA et al., 2001).

Novas biotecnologias aplicadas ao controle e combate de fungos patogênicos em citriculturas

O uso de microrganismo naturais, com destaque para agentes de controle biológico benéficos (BCAs), se demonstra uma alternativa viável para controle e combate de doenças fúngicas em plantas, os meios podem provocar maior resistência sustentada contra fitopatógenos (GALICIA-CAMPOS et al., 2020)

Ensaios demonstram que compostos orgânicos voláteis produzidos por *Streptomyces globisporus* JK-1, provoca redução do crescimento de *Penicillium italicum* em tangerinas infectadas (*Citrus microcarpa*), podendo ser um tratamento antifúngico para a acultura pós-colheita (LI et al., 2010).

Estudos de Benato et al (2018), expondo *P. digitatum* a diferentes concentrações de óleos essenciais de capim-limão, canela e palmarosa, mostrou que o óleo essencial de canela apresenta atividade fúngica, reduzindo o crescimento do fungo. Os óleos essenciais de capim-limão e palmarosa apresentou inibição do crescimento micelial, a partir de 0,25 e 0,12 g/L⁻¹.

A quitina obtida de cascas de frutos do mar, purificada *in vitro*, demonstra atividade na redução do crescimento micelial linear dos fungos *P. digitatum* e *P. italicum*, *in vivo* apresentou redução na incidência de doenças pós-colheita de frutos de laranja e limão valência em comparação com o controle. O uso de produto fermentado obtido de *Aspergillus aculeatu* frente a *P. italicum* demonstra atividade antifúngica em concentração 0,3125 mg/mL, o produto é capaz de invadir a membrana do fungo e reduzir a atividade enzimática (ATALLA et al., 2020; ZHANG et al., 2022).

Estudo de Coutinho et al., (2020), também aplicou a quitosana como fungicida, frente aos fungos *Penicillium. citrinum* e *Penicillium. mallochii*, que estão associados a causa de mofo em laranjas pós-colheita. A quitosana comercial que apresenta maior peso molecular, apresenta maior redução na incidência de doenças, tendo diminuição de 50-70% frente ao fungo *P. citrinum* e de 40% para o inóculo *P. mallochii*, em teste *in vivo*.

A utilização do gênero *Trichoderma spp.* isolados do solo, em combinação com a comercial, inibiu em 70% e 62%, o fungo *Aspergillus niger*. As espécies *T. longibrachiatum*, *T. harzianum* e *T. virens*, com 68,06%, mostraram taxas de inibição do crescimento micelial do fungo *A. niger* de 100, 68,33 e 68,06%, respectivamente. Os gêneros *Periconia sp.*, *Chaetomium sp.3*, *Cladosporium sp.* e *Penicillium sp.1*, apresentaram antibiose contra *A. niger*, por produzirem substâncias antagonistas inibidoras, que inibe o crescimento micelial (DA SILVA et al., 2022; CANDEIAS et al., 2016).

Penicillium italicum e *Penicillium fluorescens*, quando expostos a *Aspergillus aculeatus* e trissulfeto de dimetila, apresentam menor atividade micelial. *A. aculeatus* retarda os sintomas do mofo azul provocado pelo fungo *P. italicum*, interrompendo a integridade da membrana celular do fungo. O trissulfeto de dimetila exibiu atividade antifúngica produzido com *P. fluorescens* exibiu atividade antifúngica nas concentrações 100 e 10 µL/L, inibindo 100% do mofo (ZHANG et al., 2022; WANG et al., 2021).

5. Conclusões

Com a análise dos estudo que integram a revisão integrativa, foi possível observar microrganismos potencialmente viáveis para a inibição e controle de diferentes fungos fitopatogênicos em citriculturas. O manejo alternativo associados as novas biotecnologias de controle se demonstram importantes, para diminuir os agravos provocados pelos patógenos na cultura agrícola.

Diante do exposto, recomenda-se avaliar o desempenho de cada microrganismo frente aos fungos patógenos em *citrus*, para assegurar que o uso e a eficácia dessas tecnologias. As principais espécies identificadas nas pesquisas selecionadas, como patógenos, pertenciam ao gênero

Penicillium, com destaque para as espécies *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum*, que estão relacionadas ao crescimento dos mofos azuis e verdes. Enquanto os principais métodos de inibição fúngica identificados, foram o uso de bactérias como do gênero *Streptomyces spp.* e também a utilização da quitosana e elementos orgânicos, obtidos através da fermentação com uso de bactérias

As pesquisas relacionadas na área são de extrema importância para o setor da citricultura, tendo em vista que o setor é importante para a economia nacional. O uso de tecnologias ao combate dos fitopatógenos em *citrus*, auxilia no aumento da vida útil e na melhoria do alimento.

Sendo assim, o presente estudo contribui de forma significativa para o desenvolvimento de novas reflexões acerca do combate de fungos em frutas cítricas pós-colheita.

6. Agradecimentos

Universidade Estadual do Ceará - UECE

7. Referências bibliográficas

- Anwaar HIRA, Iqbal ZAFAR, Rehman MA, Mubeen M USTANSAR, Abbas AQLEEM, Usman HM, Sajjad, KINZA (2020) Evaluation of fungicides and biopesticides for the control of Alternaria black rot disease in citrus. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 21: 118-126.
- Atalla SM, Gamal NGE, Awad HM (2020) Chitinase of marine *Penicillium chrysogenum* MH745129: isolation, identification, production and characterization as controller for citrus fruits postharvest pathogens. *Jordan J Biol Sci* 13(1): 19-28.
- Benato EA, Belletti TC, Terao D, Franco, DADS (2018) Óleos essenciais e tratamento térmico no controle pós-colheita de bolor verde em laranja. *Summa Phytopathologica* 44: 65-71.
- Benvenga SR, Gravena S, da Silva JL, Junior NA, Amorim LCS (2017) Manejo prático da cochonilha ortézia em pomares de citros. *Citrus Research & Technology* 32(1): 39-52.
- Boubaker H, Saadi B, Boudyach EH, Benaoumar AA (2009) Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to imazalil and thiabendazole in Morocco. *Plant Pathology Journal*, Suwon 8: 152-158.
- Candeias, E, Santos M, Duarte E, Oliveira T, Bezerra J, Soares, A (2016) Fungos endofíticos de raízes de sisal antagonistas ao *Aspergillus niger*. *Agrotropica*, 28: 29-36.
- CitrusBR - Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos (2022) Dados estimados da safra 2022/23. Disponível em: <https://citrusbr.com/estatisticas/>>. Acesso em: 01 ago. 2022
- Costa JH, Wassano CI, Angolini CFF, Scherlach K, Hertweck C, Pacheco Fill T (2019) Antifungal potential of secondary metabolites involved in the interaction between citrus pathogens. *Scientific*



reports 9(1): 1-11.

Coutinho TC, Ferreira MC, Rosa LH, de Oliveira AM, de Oliveira Junior EN (2020) *Penicillium citrinum* and *Penicillium mallochii*: New phytopathogens of orange fruit and their control using chitosan. *Carbohydrate polymers*, 234: 115918.

da Silva Lagranha AO, Júnior ALG, Júnior JBT, Itako AT (2022) Controle de *Aspergillus niger* com uso de *Thichoderma* spp. I Encontro Sul-Brasileiro de Fitossanidade – 1º ENFIT-Sul, Chápeco.

Dara SK (2019) The new integrated pest management paradigm for the modern age. *J. Integr. Pest Manag* 10(1): 12.

Donley N (2009) The USA lags behind other agricultural nations in banning harmful pesticides. *J. Environ. Health* 18(1): 1-12

Dwivedi S, Saquib Q, Al-Khedhairy AA, Musarrat J (2016) Understanding the role of nanomaterials in agriculture. In *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. Springer 271-288.

Eckert JW (1980) Postharvest diseases of fresh fruits and vegetables--etiology and control. In *Symposium: Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables* 81-117.

Evangelista-Martínez Z, Contreras-Leal EA, Corona-Pedraza LF, Gastélum-Martínez É (2020) Biocontrol potential of *Streptomyces* sp. CACIS-1.5 CA against phytopathogenic fungi causing postharvest fruit diseases. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-10.

Figueiredo MG, Barros ALM, Frizzone JA, Junior JB (2009) Dano econômico evitado pelo controle de doenças na citricultura paulista. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre.

Fischer IH, Ferreira MD, Sposito MB, Amorim L (2009) Citrus postharvest diseases and injuries related to impact on packing lines. *Scientia Agricola* 66: 210-217.

Fundecitrus - Fundo de Defesa da Citricultura (2022) Manual de podridão floral. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/podridao-floral/94. Acesso em: 06 ago. 2022

Galicia-Campos E, Ramos-Solano B, Montero-Palmero MB, Gutierrez-Mañero FJ, García-Villaraco A (2020) Management of Plant Physiology with Beneficial Bacteria to Improve Leaf Bioactive Profiles and Plant Adaptation under Saline Stress in *Olea europea* L. *Foods* 9(1): 57.

Gomes MDO. (1996) Conservação pós-colheita: frutas e hortaliças. Coleção Saber. Embrapa. 134p.

Guo X, Qiao M, Yang Y, Luo K, Liu Z, Liu J, Sun Q (2021) *Bacillus amyloliquefaciens* M73 reduces postharvest decay and promotes anthocyanin accumulation in Tarocco blood orange



(*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 182: 111698.

Krishna G, Gopinath G, Avasthi, AS (2020) An effective and eco-friendly technique for control of post-harvest fungal pathogens of orange (*Citrus sinensis*) isolated from the distribution chain of Delhi NCR. *Journal of Applied Biology and Biotechnology* 8(6): 5-9.

Li Q, Ning P, Zheng L, Huang J, Li G, Hsiang T (2010) Fumigant activity of volatiles of *Streptomyces globosporus* JK-1 against *Penicillium italicum* on *Citrus microcarpa*. *Postharvest Biology and Technology* 58(2): 157-165.

Liang LJ, Jeewon R, Dhandevi P, Durairajan SS.K, Li H, Lin FC, Wang HK (2021) A novel species of *Penicillium* with inhibitory effects against *Pyricularia oryzae* and fungal pathogens inducing Citrus diseases. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 10: 604504.

Luo W, Fan G, Tian P, Dong W, Zhang H & Zhan, B (2022) Spectrum classification of citrus tissues infected by fungi and multispectral image identification of early rotten oranges. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 279: 121412.

Medeiros RC, Musser RDS, Silva MMD, Santos J P. O, Nascimento Júnior IRD (2013) Análise exploratória das características morfológicas e qualitativas de variedades de laranjeiras de mesa da coleção em brejão-PE. *Revista Brasileira de Fruticultura* 35: 500-507.

Pozzan MA (1997) Comportamento e tratamentos de frutos cítricos em pós-colheita. *Revista Laranja* 18(1).

Souza MT, Silva MD, Carvalho R (2010) Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo) 8(1):102-106.

Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, Ait Ben Aoumar A (2014) Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of applied microbiology* 117(1): 1-17.

Wang W, Deng L, Yao S, Zeng K (2018) Control of green and blue mold and sour rot in citrus fruits by the cationic antimicrobial peptide PAF56. *Postharvest Biology and Technology* 136: 132-138.

Wang Z, Zhong T, Chen K, Du M, Chen G, Chen X, Kan J (2021) Antifungal activity of volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* ZX and potential biocontrol of blue mold decay on postharvest citrus. *Food Control* 120: 107499.

Zauza EAV, Alfenas AC, Maffia LA, Silveira SF, Fernandes D (2001) Flutuação de inóculo de *Rhizoctonia* spp. e *Cylindrocladium* spp. em jardim clonal de *Eucalyptus grandis*, sob diferentes tipos de cobertura morta. *Summa Phytopathologica* 27(2): 213-216.

Zhang J, He L, Guo C, Liu Z, Kaliaperumal K, Zhong, B, Jiang Y (2022) Evaluation of *Aspergillus aculeatus* GC-09 for the biological control of citrus blue mold caused by *Penicillium italicum*. *Fungal Biology* 126(3); 201-212.



**IV SUSTENTARE
& VII WIPIS**

WORKSHOP INTERNACIONAL

**Sustentabilidade, Indicadores e
Gestão de Recursos Hídricos**

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE

Realização:
SUSTENTARE
PUC-CAMPINAS

WIPIS
VII OF

Apoio:
Agência das Bacias PCJ

COMITÊS PCJ

Zhang, H, Mahun, GK, Castoria R, Apaliya MT, Yang Q (2017) Augmentation of biocontrol agents with physical methods against postharvest diseases of fruits and vegetables. Trends in food science & technology 69: 36-45.

Zulian A, Dörr AC, Almeida SC (2013) Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. Revista Eletrônica em Gestão. Educação e Tecnológica Ambiental 11: 2290-2306.