



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

GABRIELA BARBOSA DE FREITAS MONTEIRO

**SANITIZANTE NO MANEJO PÓS-COLHEITA DE *Spondias tuberosa* Arruda E
ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE *in vitro* DE *Colletotrichum* sp.**

**AREIA
2025**

GABRIELA BARBOSA DE FREITAS MONTEIRO

**SANITIZANTE NO MANEJO PÓS-COLHEITA DE *Spondias tuberosa* Arruda E
ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE *in vitro* DE *Colletotrichum* sp.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Profa. Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento

Coorientador: Dr. Edcarlos Camilo da Silva

**AREIA
2025**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M775s Monteiro, Gabriela Barbosa de Freitas.
Sanitizante no manejo pós-colheita de *Spondias tuberosa* Arruda e óleos essenciais no controle in vitro de *Colletotrichum* sp. / Gabriela Barbosa de Freitas Monteiro. - Areia:UFPB/CCA, 2025.
40 f. : il.

Orientação: Luciana Cordeiro do Nascimento.
Coorientação: Edcarlos Camilo da Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Antracnose. 3. Umbuzeiro.
4. Controle alternativo. I. Nascimento, Luciana Cordeiro do. II. Silva, Edcarlos Camilo da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 573(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 10/09/2025.

“SANITIZANTES NO MANEJO PÓS-COLHEITA DE *Spondias tuberosa* Arruda E ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE *in vitro* DE *Colletotrichum* sp.”

Autor: **GABRIELA BARBOSA DE FREITAS MONTEIRO**

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



LUCIANA CORDEIRO DO NASCIMENTO

Data: 19/09/2025 14:33:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Cordeiro do Nascimento
Orientador (a) – UFPB

Documento assinado digitalmente



ROSEMERE DOS SANTOS SILVA

Data: 19/09/2025 22:27:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Rosemere dos Santos Silva
Examinador (a) – UFPB

Documento assinado digitalmente



HILDERLANDE FLORENCIO DA SILVA

Data: 19/09/2025 15:16:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Hilderlande Florêncio da Silva.
Examinador (a) – UFPB

Àquela, cuja resistência ultrapassa a força bruta do semiárido, cujas raízes se aprofundam mais que as do imponente umbuzeiro e cuja sabedoria transcende o alcance do saber científico. Vovó Maria Hilário. A ti, **DEDICO.**

AGRADECIMENTOS

Podemos cumprir nosso ministério de diversas formas. Deus me apresentou a ciência para me revelar uma pequena fração da sua glória, quero sempre o seu nome enaltecer por essa dádiva. O agradeço por me emprestar diariamente o coração que pulsa, o oxigênio que respiro, o solo que caminho e milhões de itens para que eu exista. A Ele a honra, a glória e o louvor pelos séculos dos séculos.

Aos meus pais, José Rivaldo Hilário e Rosemare Barbosa, minha eterna gratidão. Obrigada por cada ensinamento, por me guiarem com amor, por acreditarem em mim mesmo nos momentos difíceis. Pelos valores que me ensinaram e pela paciência nos meus dias turbulentos. Sou profundamente grata a Deus por ter me dado vocês como pais.

Ao meu amado esposo, Robson Monteiro, por estar ao meu lado em todos os momentos, me apoiando e incentivando. Sou grata por sempre acreditar no meu potencial e por não ter me deixado desistir. Obrigada por ser meu abrigo, meu ponto de paz, meu equilíbrio. Obrigada por existir e por escolher permanecer ao meu lado.

A minha avó Maria Hilário, por me ensinar, com seu exemplo, valores que levarei por toda a vida: o caráter, a bondade e a humildade. A irmã Anunciada (Vó Preta), pelo acolhimento durante o Ensino Médio tendo me adotado como neta e me conduzido a desenvolver o caráter de Cristo.

As minhas irmãs Sabrina Barbosa, Monique Barbosa e Marjorye Barbosa, por todo o carinho, apoio e incentivo. As minhas sobrinhas Ismaelly Barbosa e Francielly Barbosa, ao meu sobrinho John Freitas por me transmitir muita alegria.

A minha sogra Maria Martins (dona nega) e meus cunhados por todo cuidado e conselhos. Aos meus vizinhos Maria das Dores (dona dora), Seu Severino Bezerra e família por todos os cafés, conversas e por terem me acolhido como uma filha.

A minha orientadora professora Luciana Cordeiro, pela confiança depositada em mim mesmo nos momentos de incertezas e por me conduzir com sensibilidade no caminho da pesquisa. Ao meu coorientador Edcarlos Camilo por toda dedicação e humildade em transmitir o conhecimento.

Aos meus orientadores de PIBIC, Leonardo Felix, Ana Emília Barros, Anabelle Camarotti, bem como aos meus coorientadores Willian Santana, Angeline Santos e Silvana Nunes pela oportunidade e troca de saberes.

Aos professores das disciplinas de licenciatura por toda empatia e conhecimento compartilhado. Aos professores de exatas Péricles Borges e Lázaro Araújo por toda paciência e tratamento humanizado.

Aos colegas de classe pelas vivências e fundamental colaboração em cada disciplina cursada. Em especial a minha amiga Erica Gonçalo por todo companheirismo e colaboração.

A Escola de Boxe do Centro de Ciências Agrárias (EBCCA), na pessoa do professor Augusto Corlet e todos os colegas de treino por terem tornado o ambiente universitário um lugar mais leve e acolhedor.

A Jordana Cantarelli o meu agradecimento pelo belíssimo trabalho com meditação cristã guiada que foi instrumento de paz e fortalecimento espiritual.

Ao Laboratório de Fitopatologia e a todos os colegas de pesquisa pelo apoio e parceria. À Universidade Federal da Paraíba, por proporcionar o espaço de crescimento pessoal, intelectual e profissional.

As doutoras Rosemere dos Santos e Hilderlande Florêncio, componentes da banca avaliadora, pelo tempo, atenção e valiosas contribuições.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica, quer seja com palavras positivas, orações, ajuda, apoio emocional ou simples presenças silenciosas, minha sincera gratidão e reconhecimento.

RESUMO

A espécie *Spondias tuberosa* Arruda, conhecida como umbuzeiro, é nativa da Caatinga com elevado valor socioeconômico e nutricional. Rico em vitamina C, fibras e compostos antioxidantes, o umbu é amplamente utilizado na produção de sucos, polpas, sorvetes, geleias, doces e licores. No entanto, seus frutos são altamente perecíveis e suscetíveis a doenças, principalmente as de origem fúngica, como a antracnose, causada por *Colletotrichum* sp., que compromete a qualidade dos frutos e reduz a vida útil pós-colheita. Nesse contexto, o uso de sanitizantes e óleos essenciais (OE's) surge como alternativa sustentável com menor risco de contaminação ao meio ambiente e ao ser humano. Este estudo teve como objetivos avaliar a eficácia de diferentes concentrações de Havoxil® no manejo pós-colheita de frutos de *S. tuberosa* e determinar a ação de óleos essenciais no controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. Os frutos foram imersos nas concentrações de 0%, 1%, 2%, 3% e 4% de Havoxil® diluído em água destilada esterilizada (ADE), além do fungicida Tiabendazol®. As variáveis pós-colheita dos frutos tratados foram: firmeza, perda de massa, pH, sólidos solúveis, acidez e vitamina C durante quatro dias de armazenamento. No experimento *in vitro*, os OE's de citronela, lemongrass, cravo folhas, palmarosa, patchouli, gengibre e cedro da Virgínia foram testados nas concentrações de 1%, sendo avaliados quanto à inibição do crescimento micelial e da esporulação de *Colletotrichum* sp., isolado de frutos sintomáticos de *S. tuberosa* e cultivado em meio BDA. Os frutos tratados com diferentes concentrações de Havoxil® apresentaram alterações significativas ao longo do armazenamento, com destaque para as concentrações de 3% e 4%, que promoveram incremento nos teores de sólidos solúveis e vitamina C em comparação à testemunha, além de maior preservação da firmeza e redução da incidência de patógenos, principalmente *Colletotrichum* sp. Na avaliação *in vitro*, todos os OE,s testados demonstraram atividade antifúngica significativa, com redução do crescimento micelial e esporulação, sendo os de citronela, lemongrass, cravo folhas e palmarosa os mais eficazes. Os efeitos observados estão relacionados à presença de compostos bioativos capazes de interferir na estrutura e no metabolismo fúngico. Os resultados evidenciam o potencial do uso de Havoxil® e óleos essenciais como alternativas sustentáveis no controle de *Colletotrichum* *in vitro* e no manejo pós-colheita de frutos de *S. tuberosa*. Os tratamentos com Havoxil® nas concentrações de 3 e 4% promoveram a ausência de *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp. e *Pestalotiopsis* sp. As concentrações de 2, 3 e 4% de Havoxil® proporcionaram preservação do teor de vitamina C ao final do período de armazenamento. Todos os óleos essenciais testados *in vitro* apresentaram alta eficácia antifúngica sobre *Colletotrichum* sp.

Palavras-Chave: antracnose; umbuzeiro; controle alternativo.

ABSTRACT

The species *Spondias tuberosa* Arruda, known as umbuzeiro, is native to the Caatinga biome and has high socioeconomic and nutritional value. Rich in vitamin C, fiber, and antioxidant compounds, umbu fruit is widely used in the production of juices, pulps, ice creams, jams, sweets, and liqueurs. However, its fruits are highly perishable and susceptible to diseases, mainly of fungal origin, such as anthracnose, caused by *Colletotrichum* sp., which compromises fruit quality and reduces postharvest shelf life. In this context, the use of sanitizers and essential oils (EOs) emerges as a sustainable alternative with lower risk of contamination to the environment and humans. This study aimed to evaluate the effectiveness of different concentrations of Havoxil® in the postharvest management of *S. tuberosa* fruits and to determine the action of essential oils in the *in vitro* control of *Colletotrichum* sp. The fruits were immersed in concentrations of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4% Havoxil® diluted in sterile distilled water (SDW), in addition to the fungicide Thiabendazole®. The postharvest variables of treated fruits were firmness, weight loss, pH, soluble solids, acidity, and vitamin C during four days of storage. In the *in vitro* experiment, the EOs of citronella, lemongrass, clove leaves, palmarosa, patchouli, ginger, and Virginia cedar were tested at concentrations of 1%, and evaluated for inhibition of mycelial growth and sporulation of *Colletotrichum* sp., isolated from symptomatic fruits of *S. tuberosa* and cultivated in PDA medium. Fruits treated with different concentrations of Havoxil® showed significant changes during storage, especially at concentrations of 3% and 4%, which promoted an increase in soluble solids and vitamin C contents compared to the control, as well as greater preservation of firmness and reduction in pathogen incidence, mainly *Colletotrichum* sp. In the *in vitro* evaluation, all tested EOs demonstrated significant antifungal activity, with reduced mycelial growth and sporulation, with citronella, lemongrass, clove leaves, and palmarosa being the most effective. The observed effects are related to the presence of bioactive compounds capable of interfering with fungal structure and metabolism. The results highlight the potential of using Havoxil® and essential oils as sustainable alternatives for *in vitro* control of *Colletotrichum* and postharvest management of *S. tuberosa* fruits. Treatments with Havoxil® at concentrations of 3% and 4% promoted the absence of *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp., and *Pestalotiopsis* sp. Havoxil® concentrations of 2%, 3%, and 4% provided preservation of vitamin C content at the end of the storage period. All essential oils tested *in vitro* showed high antifungal efficacy against *Colletotrichum* sp.

Keywords: anthracnose; umbuzeiro; alternative control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Frutos verdes de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda em estágio inicial de desenvolvimento, observados em planta nativa no município de Gado Bravo, Paraíba.	15
Figura 2 - Fruto de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda apresentando lesão circular escura, sintoma inicial característico de antracnose, observado em planta nativa no município de Gado Bravo, Paraíba.	16
Figura 4 - Presença ou ausência de patógenos fúngicos em frutos de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda tratados com diferentes concentrações do sanitizante Havoxil®	27
Figura 5 - Influência dos óleos essenciais de Citronela, Lemongrass, Cravo folhas, Palmarosa, Patchouli, Gengibre e Cedro da Virgínia à 1% no crescimento micelial e esporulação de <i>Colletotrichum</i> sp. A) diâmetro da colônia, B) área abaixo da curva de crescimento micelial, C) inibição do crescimento micelial, D) produção de esporos e E) inibição da produção de esporos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).	29
Figura 6 - Crescimento micelial de <i>Colletotrichum</i> sp. sob influência dos tratamentos com OE's: T1 – Citronela, T2 – Lemongrass, T3 – Cravo folhas, T4 – Palmarosa, T5 – Patchouli, T6 – Gengibre, T7 – Cedro da Virgínia, T8 – Controle, T9 – Fungicida.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Firmeza, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda tratados com diferentes concentrações de Havoxil® em função dos períodos de armazenamento.....	24
Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis e vitamina C em frutos de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda tratados com diferentes concentrações de Havoxil® em função dos períodos de armazenamento.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 ASPECTOS GERAIS.....	13
2.1.1 Espécie <i>Spondias tuberosa</i> Arruda.....	13
2.1.2 Uso e potencial econômico de <i>S. tuberosa</i>	14
2.2 DOENÇAS FÚNGICAS EM <i>Spondias tuberosa</i> Arruda.	16
2.2.1 Fungos associados a espécie	16
2.2.2 Controle alternativo de fitopatógenos	17
3. METODOLOGIA	20
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	20
3.2 OBTENÇÃO DOS FRUTOS DE <i>S. tuberosa</i> E DO ISOLADO DE <i>Colletotrichum</i> sp.	20
3.3 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE <i>S. tuberosa</i> SANITIZADOS	20
3.4 CONTROLE <i>in vitro</i> de <i>Colletotrichum</i> sp.....	21
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 AVALIAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE <i>S. tuberosa</i>	24
4.2 AVALIAÇÃO <i>in vitro</i> NO CONTROLE DE <i>Colletotrichum</i> sp.....	28
5. CONCLUSÃO	33

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Spondias tuberosa* Arruda popularmente conhecida como umbuzeiro, é uma frutífera tropical originária do semiárido brasileiro, pertencente à família Anacardiaceae, que expressa grande importância socioeconômica para a população nordestina (Xavier, 2019). Os frutos e raízes da *S. tuberosa* são usados na alimentação humana e animal (Nascimento et al., 2016), bem como na medicina popular, possuindo funções anti-inflamatórias, gastroprotetoras e antioxidantes (Brito et al., 2018).

Segundo dados do IBGE, a produção de frutos de *S. tuberosa* cresceu 2,7% ou mais de 150 toneladas, chegando a 5.753 toneladas em 2022, se mantendo como maior entre os produtos não madeireiros de extração vegetal na Bahia. De acordo com o instituto, dentre os dez municípios com maior índice extrativista, quatro pertencem a esse estado, com destaque para Mirante com produção média de 434 toneladas de frutos, seguido do estado de Minas Gerais com 5.139 toneladas, ocupando a segunda posição na produção nacional (IBGE, 2022)

A vida útil pós-colheita dos frutos de *S. tuberosa* é bastante limitada devido ao rápido processo de maturação (Moura et al., 2013). Por ser um fruto climatérico, apresenta um comportamento respiratório caracterizado pelo aumento da produção de etileno, que acelera uma série de modificações fisiológicas e bioquímicas (Giovannoni et al., 2017). Essas alterações incluem degradação da clorofila (Silva, 2013), mudanças na coloração da casca (Lima et al., 2018), variações nos teores de compostos fenólicos (Rodrigues et al., 2018), aumento na doçura, elevação do teor de sólidos solúveis e redução da acidez (Moura et al., 2013), alterações enzimáticas na parede celular, além da intensificação do aroma e sabor em razão da liberação de compostos voláteis (Giovannoni et al., 2017).

Apesar de sua adaptabilidade às condições do semiárido, *S. tuberosa* é suscetível a diversas doenças fúngicas que afetam diretamente a sanidade e a produtividade da espécie (Santos et al., 2024). Dentre os principais fitopatógenos associados a *S. tuberosa*, destaca-se o gênero *Colletotrichum* sp., agente causal da antracnose (Tavares et al., 1998), uma das principais doenças fúngicas que causa perdas significativas de produção (Brito et al., 2008). Na planta, esta patologia se expressa por manchas ou lesões necróticas e escuras, de formato irregular, que podem evoluir para lesões mais extensas com bordas amareladas ou cloróticas. Já nos frutos, a antracnose causa manchas escuras e circulares, podendo causar apodrecimento, rachadura e queda prematura (Carvalho, 2019).

O manejo de doenças fúngicas em *S. tuberosa* requer uma abordagem que considere o controle de patógenos e a preservação da qualidade dos frutos, com isso destacam-se o uso de

sanitizantes e óleos essenciais (OE's). Os mesmos se constituem em alternativas promissoras e ecológicas no manejo de microrganismos patogênicos, devido ao seu potencial antifúngico, antimicrobiano e fungistático, além da sua compatibilidade com outros métodos, sendo produtos de fácil aquisição, baixo custo e sobretudo devido ao seu caráter sustentável (Sharma et al., 2021; Oliveira et al., 2023b).

A aplicação de sanitizantes na pós-colheita é fundamental para garantir a segurança e a qualidade dos frutos, sendo eficaz na redução de perdas causadas por patógenos quando associada a boas práticas de transporte e armazenamento (Pahariya et al., 2022; Monteiro et al., 2023a). A ação dos sanitizantes está diretamente relacionada ao princípio ativo utilizado e à sensibilidade dos microrganismos, que podem responder de forma distinta aos diferentes compostos (Bernardi et al., 2019). Já os óleos essenciais, por serem compostos voláteis derivados do metabolismo secundário das plantas, apresentam ação antimicrobiana relevante contra uma ampla variedade de patógenos, incluindo bactérias, vírus e fungos (Shaaban, 2020; Sharma et al., 2021).

Nesse contexto, o Objetivo Geral do presente trabalho foi avaliar a eficácia de tratamentos sanitizantes no manejo pós-colheita de frutos de *S. tuberosa* e óleos essenciais no controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. Objetivos Específicos: 1. Avaliar a eficiência de diferentes concentrações do sanitizante Havoxil[®] na conservação pós-colheita de frutos de *S. tuberosa*, com base em parâmetros físico-químicos. 2. Testar a atividade antifúngica *in vitro* dos OE's *Cymbopogon winterianus*, *Cymbopogon citratus*, *Eugenia caryophyllus*, *Cymbopogon martinii*, *Pogostemon cablin*, *Zingiber officinale* e *Juniperus virginiana* sobre o crescimento micelial e a esporulação de *Colletotrichum* sp.; 3. Comparar a eficácia dos OE's com fungicida sintético.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS

2.1.1 Espécie *Spondias tuberosa* Arruda

A espécie *Spondias tuberosa* Arruda popularmente conhecida como umbuzeiro, pertence à família Anacardiaceae, sendo uma frutífera tropical nativa do semiárido brasileiro, tendo ocorrência de forma espontânea e altas taxas de variabilidade genética (Xavier, 2019). O gênero *Spondias* engloba espécies conhecidas nacionalmente, como, cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonner), cajazeira (*Spondias mombin* L.), sirigueleira (*Spondias purpurea* L.) e umbu-cajazeira (*Spondias bahiensis* P.) (Menezes et al., 2017).

S. tuberosa é originária da Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, que ocupa uma área de 844.453 km², aproximadamente 11 % do território nacional (Xavier, 2019). Este bioma é caracterizado por apresentar vegetação arbustiva seca, com galhos retorcidos, além de possuir solo pedregosos e períodos de chuvas irregulares, sendo os cactos e ervas componentes principais desta paisagem devido a adaptação ao clima seco (Souza, 2021).

O fruto de *S. tuberosa* é nomeado umbu, também podendo ser chamado de imbu, ambu ou ombu, bastante consumido por pessoas e animais silvestres (Xavier, 2019). O fruto do *S. tuberosa* possui casca de coloração amarelo-esverdeada, superfície lisa ou levemente aveludada (Figura 1), polpa branca-esverdeada, de textura macia, bastante succulenta, com aroma característico e sabor agri-doce (Xavier, 2019). Normalmente, apresenta entre 2 a 4 cm de diâmetro, peso de 10 a 20 g, e sua composição média é de 68% de polpa, 22% de casca e 10% de caroço (Xavier, 2019). O umbu destaca-se dentre as frutas do semiárido brasileiro por ser a base econômica de muitas famílias das áreas rurais (Barreto; Castro, 2010).

Devido a sua forte relevância regional, o autor Euclides da Cunha, em sua obra “Os Sertões”, nomeou *S. tuberosa* de “árvore sagrada do sertão” (Barreto; Castro, 2010). Ainda hoje essa cultura é considerada sagrada, pois a colheita e venda dos seus frutos é uma das principais fontes de renda dos moradores da caatinga em períodos de estiagem, quando o acesso hídrico não é suficiente para o manejo das culturas tradicionais como milho e feijão (Xavier, 2019).

A produção de umbu no Brasil é liderada pela Bahia, com 5.753 toneladas registradas em 2022, seguido por Minas Gerais, com 5.139 toneladas (IBGE, 2022). Esse desempenho representa um crescimento de 2,7% em relação ao ano anterior, consolidando a Bahia como o maior produtor nacional, responsável por aproximadamente 80% da produção do país. Os municípios de Mirante, Manoel Vitorino e Brumado destacam-se como os maiores produtores

dentro do estado. Dados da EPAMIG (2018) apontam que a safra movimentou cerca de R\$ 8,3 milhões apenas em um ano, evidenciando a importância econômica da fruta para a região.

A produtividade varia conforme o manejo e as condições da planta: um umbuzeiro pode produzir entre 65 e 300 quilos de frutos por safra, sendo que cultivares enxertadas apresentam início de frutificação mais precoce do que aquelas provenientes de sementes (IBGE, 2022). O ciclo de vida de *S. tuberosa* dura em média 100 anos, sendo considerado um símbolo de resistência à seca, pois as raízes tuberosas (xilopódios) presente em sua estrutura possibilitam o armazenamento de nutrientes e água durante longos períodos de estiagem, permitindo sua sobrevivência (Xavier, 2019). Durante o período de seca, todas as folhas caem, mas voltam a se desenvolver no início do período chuvoso e a árvore frutifica uma vez por ano, durante a fase mais severa de escassez de chuvas, nas áreas semiáridas (Mertens et al., 2017).

S. tuberosa expressa grande relevância socioeconômica para a população nordestina, servindo de alimento para insetos polinizadores, dispersores e ruminantes (Xavier, 2019). Além dos frutos, as raízes tuberosas são usadas na alimentação, no processamento de doces, pickles em conserva e ração animal, bem como as folhas servem de alimento para ovinos e caprinos (Nascimento et al., 2016). Na medicina popular, folhas, raízes e caules também são aproveitados como produtos anti-inflamatórios, no tratamento de conjuntivite, problemas gastrointestinais e infecções bacterianas (Xavier, 2019).

Apesar dos seus diversos benefícios, esta cultura apresenta várias ameaças naturais, como fungos fitopatogênicos, que podem levar a perdas produtivas e extinção da espécie, sendo relevante estabelecer medidas protetivas e estratégias de manejo e conservação (Mertens et al., 2017).

2.1.2 Uso e potencial econômico de *S. tuberosa*

A coleta dos frutos de *S. tuberosa* é uma prática cultural tradicional, transmitida entre gerações e iniciada ainda na infância (Xavier, 2019). Essa atividade representa uma importante fonte de renda complementar durante a época da safra e contribui para a permanência da população rural no campo, ao menos temporariamente (Xavier, 2019). Em Soledade, no agreste da Paraíba, por exemplo, 86% das famílias entrevistadas complementavam sua renda com a venda dos frutos de *S. tuberosa*, seja *in natura*, processado ou mesmo utilizando a planta como forragem (Farias, 2012).

Figura 1 - Frutos verdes de *Spondias tuberosa* Arruda. em estágio inicial de desenvolvimento, observados em planta nativa no município de Gado Bravo, Paraíba.



Fonte: autoria própria

O umbu é considerado fruto climatérico com safra curta, concentrada entre os meses de janeiro e abril, período em que é encontrado em abundância para consumo *in natura* (Silva et al., 2011). Durante essa época, sua comercialização ocorre em feiras, mercados, ruas das cidades e às margens das estradas (CONAB, 2017). Contudo, a elevada perecibilidade do fruto, aliada à carência de infraestrutura e de boas práticas pós-colheita, resulta em grandes perdas durante os picos de produção (Silva et al., 2011; Sawyer; Nogueira, 2014). Como consequência, os rendimentos dos produtores que dependem do extrativismo e da comercialização do umbu fresco são geralmente baixos.

No que diz respeito à conservação pós-colheita, Moura et al. (2013) identificaram que o umbu maduro, armazenado em temperatura ambiente (23 ± 1 °C), mantém sua qualidade por apenas três dias, devido à significativa perda de massa. O uso de atmosfera modificada com filme de PVC permitiu estender a vida útil do fruto colhido nos estágios verde e verde-maduro em dois e um dia, respectivamente. Ainda assim, essa curta durabilidade inviabiliza o transporte e a comercialização em regiões distantes, além de dificultar o armazenamento do excedente da safra, resultando em desperdício. Por essa razão, o consumo do umbu *in natura* está

praticamente limitado ao Nordeste brasileiro, onde é tradicionalmente inserido na alimentação local (Xavier, 2019).

Na região Nordeste, os frutos de *S. tuberosa* são comercializados e consumidos em diversas formas, como polpa congelada, sucos, doces, geleias, picolés, sorvetes e na popular umbuzada (Farias, 2012; Batista et al., 2015). Em outras regiões do país, como o Sudeste e o Sul, bem como no mercado internacional, o umbu é visto como uma fruta exótica, com elevado potencial de valorização, não apenas pelo seu sabor diferenciado, mas também pelo seu valor nutricional e presença de compostos bioativos benéficos à saúde (Xavier, 2019). Esse cenário tem estimulado pesquisas voltadas ao aumento da produção e ao desenvolvimento de tecnologias para sua conservação e aproveitamento industrial (Gouvêa et al., 2017).

2.2 DOENÇAS FÚNGICAS EM *Spondias tuberosa* Arruda.

2.2.1 Fungos associados a espécie

Embora *S. tuberosa* apresente alta adaptabilidade ao clima semiárido, a espécie é suscetível a importantes doenças fúngicas que comprometem sua produtividade.

Figura 2 - Fruto de *Spondias tuberosa* Arruda. apresentando lesão circular escura, sintoma inicial característico de antracnose, observado em planta nativa no município de Gado Bravo, Paraíba.



Fonte: autoria própria

A antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum* sp., é uma das principais doenças fúngicas que acometem espécies do gênero *Spondias*, incluindo *S. tuberosa*. Tavares

et al. (1998) já haviam registrado a ocorrência de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de *S. tuberosa*, essa doença afeta flores, fruto e inflorescência associando o patógeno à antracnose em condições de armazenamento inadequado. No entanto, estudos recentes vêm atualizando e ampliando o entendimento sobre essa interação patógeno-hospedeiro. Carvalho et al. (2019), utilizando análises morfológicas e filogenéticas multilocus, identificaram *Colletotrichum dianesei*, *Colletotrichum siamense* e *Colletotrichum brevisporum* como agentes da antracnose em diferentes espécies de *Spondias* no Brasil.

Além desse, outros patógenos como *Aspergillus* sp., é conhecido por causar podridões em frutos, especialmente durante o armazenamento, pois alimenta-se do tecido vegetal em decomposição (Brito et al., 2008). *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp. também foram relatados por Brito et al. (2008) quando analisaram a incidência fúngica em sementes.

Os gêneros *Cladosporium* sp. e *Curvularia* sp. estão frequentemente ligados às manchas foliares que reduzem a eficiência fotossintética (Santos et al., 2024). Já *Fusarium* sp., se expressa na cultura provocando murcha vascular e podridão radicular, podendo levar à morte da planta (Antão, 2023). *Penicillium* sp. é mais comum em pós-colheita, afetando os frutos armazenados por meio de podridões e produção de micotoxinas (Pilla, 2021).

A escolha do *Colletotrichum* sp. se deve ao fato de ser um patógeno amplamente distribuído em regiões tropicais, com potencial de infecção que se manifesta durante o armazenamento, sendo frequentemente relatado em estudos com frutíferas nativas e comerciais (Carvalho, 2019; Santos et al., 2021; Souza et al., 2022; Monteiro et al., 2023b). Sua importância econômica, combinada com a escassez de pesquisas atualizadas em *S. tuberosa*, justifica a escolha como alvo principal das análises *in vitro* neste estudo.

2.2.2 Controle alternativo de fitopatógenos

A aplicação de fungicidas sintéticos representa uma prática amplamente adotada no manejo fitossanitário de doenças fúngicas em frutíferas. Todavia, seu uso recorrente tem ocasionado impactos adversos significativos, como danos à saúde humana e aos ecossistemas em geral, contaminando solos, recursos hídricos, fauna e flora, além de favorecer a seleção de fitopatógenos resistentes (Deresá; Diriba, 2023; Schedenfeldt et al., 2024).

O uso intensivo de fungicidas sintéticos no controle de doenças em culturas agrícolas e frutíferas, embora eficazes, tem contribuído para o surgimento de cepas fúngicas resistentes e danos à biodiversidade (Portella et al., 2021a). Nessa perspectiva, torna-se essencial investigar estratégias alternativas de manejo (Monteiro et al., 2023a; Dias, 2024).

Diante das exigências do mercado consumidor, o uso de sanitizantes na pós-colheita torna-se uma alternativa promissora para garantir a qualidade dos frutos antes da distribuição e comercialização, contribuindo significativamente para a redução de perdas causadas por patógenos (Monteiro et al., 2023). No entanto, a eficácia da higienização está relacionada ao princípio ativo do sanitizante utilizado e à sensibilidade dos microrganismos, que podem reagir de maneira distinta frente a diferentes compostos (Bernardi et al., 2019). Quando associados a condições adequadas de transporte e armazenamento, esses sanitizantes são capazes de prolongar a vida útil dos frutos, minimizar a contaminação microbiana e as doenças pós-colheita, preservando a qualidade do alimento e promovendo maior segurança ao consumidor (Pahariya et al., 2022).

O ácido peracético, composto formado pela reação entre ácido acético e peróxido de hidrogênio, é amplamente utilizado como sanitizante na pós-colheita devido à sua alta eficácia antimicrobiana e rápida decomposição em subprodutos não tóxicos (água, oxigênio e ácido acético) (Correa, 2023; Gomes et al., 2023; Monteiro et al., 2023b). Sua ação oxidante permite a eliminação de uma ampla gama de microrganismos, incluindo bactérias, fungos e leveduras, sem deixar resíduos prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente (Martins, 2022).

Os óleos essenciais (OE's) também se destacam dentro do manejo integrado de doenças de plantas, sendo uma alternativa ecológica devido ao seu potencial antifúngico, antimicrobiano e fungistático, além da sua compatibilidade com outros métodos, sendo um produto de fácil aquisição e sobretudo devido ao seu caráter sustentável (Oliveira et al., 2023a).

O OE de cravo folhas, demonstrou bioatividade contra *Cladosporium herbarum*, fungo causador da verrugose em maracujá, inibindo seu crescimento micelial e esporulação (Figueiredo et al., 2021). De forma semelhante, o OE de palmarosa apresentou efeito inibitório sobre *Aspergillus flavus*, atuando diretamente na estrutura celular do fungo e comprometendo suas funções fisiológicas (Lin et al., 2023). Bem como, Oliveira et al. (2023a) demonstraram que os OE's citronela e lemongrass, apresentam potencial inibitório contra o crescimento de *Scytalidium* sp., patógeno da palma forrageira.

Diversos mecanismos presentes nos OE's, atuam diretamente nos fungos, incluindo a inibição da biossíntese da parede celular, desestruturação da membrana celular, comprometimento das funções mitocondriais, bloqueio da divisão celular, além da inibição da síntese de DNA, RNA e proteínas, bem como da bomba de prótons (Lagrouh et al., 2017; Sharma et al., 2021). Considerando que a parede celular fúngica é composta majoritariamente por β -glucanos e quitina, a interrupção da síntese desses componentes compromete sua integridade estrutural. No caso da membrana celular, o ergosterol — esteroide fundamental para

sua funcionalidade —, quando alvo de substâncias antifúngicas ou inibidores de sua biossíntese, provoca alterações significativas em sua estabilidade (Lagrouh et al., 2017; Souza et al., 2021)

A função mitocondrial também pode ser afetada por meio da inibição do transporte de elétrons, resultando na diminuição do potencial de membrana mitocondrial. Esse processo está associado à interferência nas bombas de prótons da cadeia respiratória, com consequente redução da produção de ATP e morte celular. A divisão celular pode ser comprometida por inibidores da polimerização de microtúbulos, impedindo a formação do fuso mitótico. Já a inibição da síntese de ácidos nucleicos e proteínas ocorre quando os compostos ativos dos OE's penetram na célula e interferem nos processos de transcrição do DNA e síntese de RNA, o que os torna alvos relevantes no controle de fitopatógenos (Zore et al., 2011; Sun et al., 2014; Lagrouh et al., 2017; Farias et al., 2023).

Diante disso, o uso de OE's tem se tornado cada vez mais comum no controle de microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e fungos (Olinto et al., 2021), sendo classificados como compostos voláteis produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, geralmente constituídos por componentes majoritários responsáveis por suas propriedades e ação antimicrobiana (Sharma et al., 2021). Esses compostos naturais vêm se destacando na diminuição do uso de defensivos químicos, conforme demonstrado em diversos estudos (Olinto et al., 2021; Farias et al., 2023; Oliveira et al., 2023a).

3. METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia-PB.

3.2 Obtenção dos frutos de *S. tuberosa* e do isolado de *Colletotrichum* sp.

Os frutos foram coletados de área de cultivo familiar no município de Gado Bravo, Paraíba, Brasil (7° 34' 58" Latitude e 35° 47' 27" Longitude). Todos os frutos foram selecionados com base no estágio de maturação, sendo classificados no estágio 2 (intermediário), conforme critérios de coloração e firmeza da casca, de acordo com Menezes et al. (2017). Em seguida, foram separados os frutos que apresentavam injúrias mecânicas, sinais de ataque por pragas ou sintomas de contaminação microbiana, a fim de garantir a uniformidade e a sanidade do material experimental.

Os frutos que apresentavam sintomas visuais de infecção fúngica, como manchas, podridões e lesões necróticas, foram identificados com o objetivo de avaliar a presença ou ausência dos patógenos associados. Para isolamento dos gêneros fúngicos, foram realizados fragmentos entre a área lesionada e a área sadia do fruto, posteriormente foram desinfestados com solução álcool 70% por 30 segundos e hipoclorito de sódio 1% por 1 minuto e enxaguados por 1 minuto em água destilada esterilizada (ADE) (Alfenas; Mafia, 2016) e colocados sobre papel filtro para absorção da umidade.

Dois fragmentos de tecido lesionado dos frutos foram dispostos em placas de Petri ($\varnothing$ = 9 cm) contendo meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar). Posteriormente as placas foram incubadas por 7 dias a temperatura de ± 25 °C. A confirmação dos gêneros fúngicos foi realizada com o auxílio de microscópio óptico, através da observação de estruturas vegetativas e reprodutivas (Seifert et al., 2011). Para o teste *in vitro*, o patógeno foi obtido a partir dos frutos coletados com sintomas típicos de antracnose. O isolamento e identificação do gênero fúngico foi realizado como descrito anteriormente.

3.3 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *S. tuberosa* SANITIZADOS

Foram testadas diferentes concentrações de sanitizante para avaliar a eficácia na conservação dos frutos pós-colheita. Os tratamentos testados foram: 0% (testemunha, sem aplicação de sanitizante), 1%, 2%, 3% e 4% da solução sanitizante Havoxil® (Ácido Peracético

15%, Peróxido de hidrogênio 23%, Ácido acético 16%) diluído em ADE, além da aplicação do fungicida Tiabendazol (2-thiazol-4-yl benzimidazole) [100 mL/100 L de água].

Os frutos foram submetidos aos tratamentos por imersão durante cinco minutos e secos em bandejas de plástico cobertas com papel toalha esterilizado por 30 minutos em temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Os frutos foram distribuídos em quatro repetições de 3 frutos por tratamento em quatro períodos de armazenamento (2, 4, 6 e 8 dias) dispostos em bandejas de poliestireno expandido, totalizando 48 frutos por tratamento.

As análises físico-químicas foram realizadas diariamente do 2º ao 8º dia. O intervalo entre as análises foi de 48 horas, totalizando quatro avaliações consecutivas.

A firmeza foi 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).

Para as características químicas de qualidade foram avaliados: Potencial hidrogeniônico (pH) determinado por meio de um pHmetro digital de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1990).

A vitamina C 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 42 0,02%), para obtenção da coloração final rósea clara permanente (Strohecker et al., 1967).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado diretamente da polpa triturada, com refratômetro digital (Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar) e expresso em °Brix (IAL, 2008).

Já a acidez titulável (AT) foi determinada pelo o teor de ácido cítrico através da 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 e expressa em porcentagem (IAL, 2008) e a relação SS/AT foi obtida por meio do quociente entre as duas variáveis analisadas.

3.4 CONTROLE *in vitro* DE *Colletotrichum* sp.

Os OE's utilizados no teste *in vitro* foram adquiridos de empresas comercialmente certificadas, que garantem a pureza e a qualidade dos produtos. Todos os óleos são 100% puros, sem adição de solventes, conservantes ou outras substâncias. A seleção dos fornecedores foi baseada na conformidade com padrões de qualidade.

Foram utilizados os seguintes tratamentos: Testemunha (meio BDA), fungicida Tecto® Tiabendazol (100 mL/100 L de água), e os OE's de citronela (*Cymbopogon winterianus* (DC) Stapf), lemongrass (*Cymbopogon citratus*), cravo folhas (*Eugenia caryophyllus*), palma rosa (*Cymbopogon martinii*), patchouli (*Pogostemon cablin*), gengibre (*Zingiber officinale*) e cedro

da Virgínia (*Juniperus virginiana*), todos na concentração de 1%, diluídos em água destilada e acrescidos de duas gotas de Tween 80 como dispersante.

O teste *in vitro* foi realizado a partir da distribuição de 10 mL de meio BDA com os tratamentos acrescidos, nas concentrações descritas anteriormente, em placas de Petri (9 cm). Com o auxílio de canudos de plástico esterilizados, foram cortados discos de colônia de *Colletotrichum* sp. (5mm) e dispostos no centro de cada placa como mencionado antes. As placas foram incubadas em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à 25 ± 2 °C sob fotoperíodo de 12 horas.

O diâmetro da colônia foi mensurado a cada 24 horas até o crescimento do patógeno por 7 dias. A mensuração foi realizada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, em dois sentidos perpendicularmente opostos, entre as bordas, sendo calculada a média entre esses valores obtidos.

Com os dados do diâmetro da colônia, calculou-se a Área sob a curva de crescimento micelial, conforme a fórmula descrita por Shaner; Finney (1977), $AACPD = \sum [(y_1 + y_2) / 2 * (t_2 - t_1)]$, onde y_1 e y_2 são as dimensões da colônia em duas direções ortogonais e $t_{i+1} - t_i$ são os intervalos entre as avaliações.

Em seguida, foi calculado a inibição do crescimento micelial (ICM), conforme Al-Reza et al. (2010), sendo usada a seguinte fórmula: $ICM = (\text{diâmetro da testemunha} - \text{diâmetro do tratamento}) / (\text{diâmetro da testemunha}) \times 100$.

Com os dados da produção de esporos, foi calculada a inibição da produção de esporos (IPE), conforme Al-Reza et al. (2010), sendo usada a seguinte fórmula: $IPE = (\text{Esporulação da testemunha} - \text{esporulação do tratamento}) / (\text{esporulação da testemunha}) \times 100$.

A quantificação do número de esporos foi realizada por meio da suspensão de esporos obtida através da adição de 10 mL de ADE nas placas Petri e remoção da colônia com pincel de cerdas macias e filtragem da suspensão em dupla camada de gaze estéril. O número de esporos totais ($1,6 \times 10^5$) foi determinado em hemacitômetro sob observação em microscópio óptico.

3.5 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. Para o teste em frutos, foi utilizado o esquema fatorial 6 x 4 (tratamentos vs. períodos de armazenamento) com quatro repetições de três frutos.

As análises estatísticas foram realizadas no software R[®] (R Core Team, 2024) com os resultados submetidos aos testes de normalidade dos resíduos por Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias por Bartlett's. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$) com as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados de ocorrência de fungos foram analisados através de mapa de calor (*Heatmap*) utilizando o pacote “pheatmap”.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *S. tuberosa*

Paras as variáveis firmeza do fruto, pH, acidez titulável e relação sólidos solúveis e acidez titulável, não foi observado interação significativa entre os fatores estudados, mas, sim, efeito isolado para períodos de armazenamento, indicando que o tempo de armazenamento teve impacto na qualidade físico-química dos frutos (Tabela 1).

Tabela 1 - Firmeza, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de *Spondias tuberosa* Arruda tratados com diferentes concentrações de Havoxil® em função dos períodos de armazenamento.

Períodos de armazenamento	Firmeza (N)	pH	AT (mg/ 100 g ⁻¹)	SS/AT
2º dia	2,60 a	2,47 b	2,92 c	4,21 a
4º dia	2,29 a	2,42 b	3,19 c	4,48 a
6º dia	1,54 b	2,24 c	3,66 b	4,37 a
8º dia	-	3,25 a	4,72 a	3,72 b
CV (%)	36,31	7,60	19,43	21,10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Em relação à firmeza, observou-se uma redução progressiva ao longo dos períodos de armazenamento. Os frutos mantiveram maior resistência mecânica semelhantes no 2º (2,60 N) e 4º dia (2,29 N), apresentando queda significativa no 6º dia, atingindo valores mínimos de 1,54 N. No 8º dia, a firmeza não pôde ser mensurada, em razão da completa perda da integridade estrutural dos tecidos, característica comum em frutos climatéricos durante o processo de amadurecimento. Essa perda de firmeza está geralmente associada à degradação da parede celular, promovida pela ação de enzimas como poligalacturonase e celulase (Medeiros, 2023; Monteiro et al., 2023b).

Quanto ao pH dos frutos, observou-se aumento significativo no 8º dia de armazenamento, diferindo dos demais períodos (Tabela 1). Esta alteração pode ser atribuída à redução da acidez e a concentração de ácidos orgânicos durante o armazenamento, em decorrência de seu consumo no metabolismo respiratório (Maia, 2024). Segundo Kader (2002), o aumento do pH em frutos armazenados é um indicativo da diminuição da acidez e da intensificação das reações metabólicas durante o amadurecimento, resultando em alterações sensoriais importantes.

Para a acidez titulável (AT), verificou-se um aumento significativo ao longo do armazenamento, com os menores valores observados no 2º e 4º dia, e o maior no final do

experimento (Tabela 1). Esse resultado pode estar relacionado à acumulação de ácidos como resposta ao estresse oxidativo, ou ainda a variações no tipo e na forma dos ácidos presentes, não detectadas na análise de pH, como também estar relacionado a alterações metabólicas associadas à respiração e à síntese de compostos ácidos (Oliveira, 2023b). Resultados semelhantes foram descritos por Lima et al. (2010) em frutos de aceroleira (*Malpighia emarginata*) submetidos a diferentes condições de armazenamento.

A relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) apresentou seu menor valor no 8º dia de armazenamento, diferindo estatisticamente dos demais períodos avaliados (Tabela 1). A redução na relação SS/AT pode ser indicativa de perda da qualidade sensorial dos frutos, visto que valores mais altos dessa relação estão geralmente associados a sabores mais agradáveis, com predominância de doçura em relação à acidez (Moreira, 2024).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, observou-se interação significativa entre os fatores estudados. Para o teor de sólidos solúveis (SS) nos frutos, constatou-se diferença estatística a partir do sexto dia de armazenamento, com destaque para o tratamento com Havoxil® a 4% (18,87 °Brix), seguido pela concentração de 3% (16,45 °Brix), que apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis, superiores aos demais tratamentos. Em relação aos períodos de armazenamento, os teores de SS foram mais elevados no oitavo dia para todos os tratamentos, com similaridade estatística em comparação ao 6º dia nos tratamentos controle, 1%, 3% e 4% de Havoxil®.

Quanto ao teor de vitamina C, verificou-se maior incremento nos teores de ácido ascórbico no oitavo dia armazenamento nos frutos tratados com Havoxil® a 2%, 3% e 4%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2).

O aumento observado nos teores de sólidos solúveis (SS) ao longo do período de armazenamento é uma característica fisiológica típica de frutos climatéricos, como *S. tuberosa*, que continuam a amadurecer após a colheita (Rocha et al., 2024). Esse processo está associado à conversão de polissacarídeos em açúcares simples, como a glicose e a frutose, elevando o teor de °Brix (Sousa et al., 2024). O destaque para as concentrações de 3% e 4% de Havoxil® no sexto dia, com valores significativamente superior aos demais tratamentos, pode estar relacionado à ação sanitizante do produto, que favorece a integridade celular e reduz a respiração e a senescência precoce dos tecidos (Rinaldi et al., 2017).

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis e vitamina C em frutos de *Spondias tuberosa* Arruda tratados com diferentes concentrações de Havoxil® em função dos períodos de armazenamento.

Tratamentos	Teor de sólidos solúveis (°Brix)			
	Períodos de armazenamento (dias)			
	2	4	6	8
Controle (ADE)	11,95 aB	13,74 aB	15,54 cA	15,67 aA
1%	11,35 aB	13,35 aB	14,35 cA	16,23 aA
2%	11,65 aB	13,86 aB	13,73 cB	18,26 aA
3%	12,06 aB	13,79 aB	16,45 bA	17,43 aA
4%	11,25 aC	14,03 aB	18,87 aA	17,89 aA
Tiabendazol	13,11 aB	13,01 aB	13,99 cB	18,05 aA
CV (%)	10,61			
Tratamentos	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)			
	2	4	6	8
	2	4	6	8
Controle (ADE)	3,86 bB	4,31 aB	6,15 aA	3,89 bB
1%	4,64 aA	4,16 aA	4,85 bA	3,69 bA
2%	3,25 bB	3,77 aB	3,27 cB	4,72 aA
3%	2,98 bB	2,98 bB	3,31 cB	4,23 aA
4%	3,31 bB	2,81 bB	3,08 cB	4,63 aA
Tiabendazol	3,58 bA	3,08 bA	3,35 cA	3,21 bA
CV (%)	17,63			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

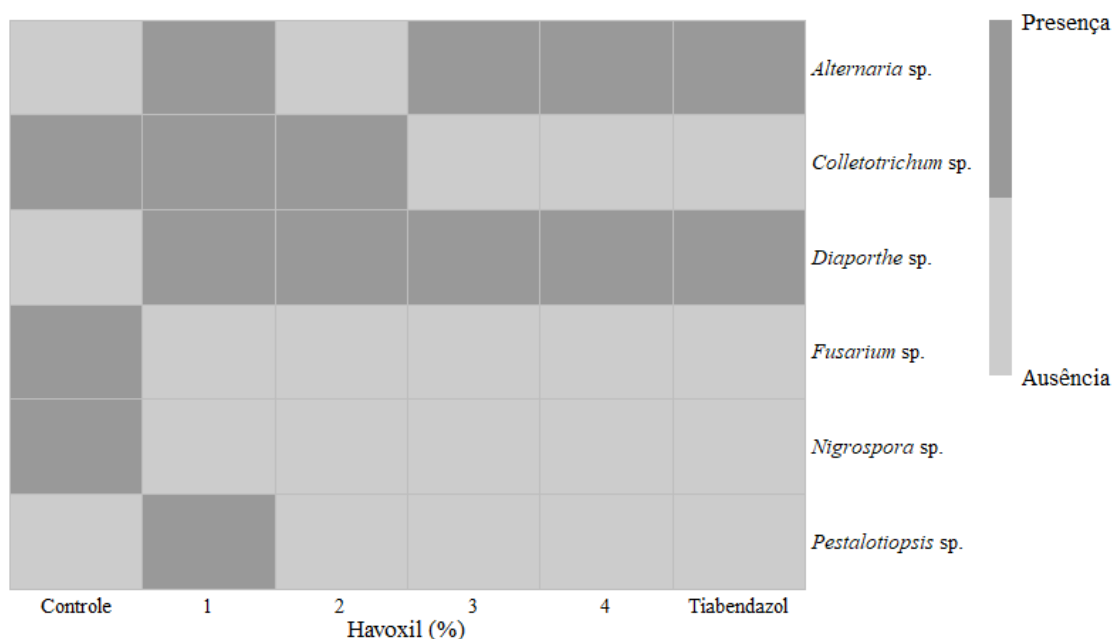
A semelhança entre os tratamentos no oitavo dia, embora com teores elevados de SS, sugere um efeito de compensação metabólica no final do armazenamento, em que todos os frutos atingiram um estágio avançado de maturação (Kohatsu et al., 2011). No entanto, é importante destacar que as concentrações mais elevadas de Havoxil® (3% e 4%) mostraram-se mais eficazes na antecipação da preservação da qualidade físico-química, o que pode ser vantajoso em sistemas comerciais com cadeias de distribuição mais curtas.

Em relação à vitamina C, a interação significativa entre tratamentos e períodos evidencia que o efeito dos sanitizantes na preservação desse composto bioativo depende não apenas da concentração utilizada, mas também do estágio de armazenamento (Monteiro et al., 2023b). Os maiores teores observados ao 8º dia, nos tratamentos com 2%, 3% e 4% de Havoxil® indicam um efeito protetor contra a degradação oxidativa do ácido ascórbico, podendo ser promovido pela redução da atividade de enzimas como a ascorbato oxidase, comum em frutos sob estresse fisiológico (Rinaldi et al., 2021). Esses resultados corroboram com informações relatadas por Monteiro e Tiecher (2022), que relataram aumento da estabilidade da vitamina C em frutos submetidas a sanitização com peróxidos orgânicos.

A avaliação da presença de patógenos nos frutos tratados com diferentes concentrações do sanitizante Havoxil® e com o fungicida Tiabendazol®, apresentou variação na ocorrência

dos fungos identificados (Figura 4). Foram detectados seis gêneros fúngicos com potencial fitopatogênico: *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp., *Diaporthe* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp. e *Pestalotiopsis* sp.

Figura 3 - Presença ou ausência de patógenos fúngicos em frutos de *Spondias tuberosa* Arruda tratados com diferentes concentrações do sanitizante Havoxil®



Fonte: autoria própria

O tratamento com 1% de Havoxil® reduziu a ocorrência dos fungos *Fusarium* sp. e *Nigrospora* sp. De maneira geral, os tratamentos com 2%, 3% e 4% de Havoxil® mostraram menor ocorrência dos principais patógenos, com destaque para a completa ausência de *Colletotrichum* sp. nas concentrações de 3% e 4%.

Os resultados indicam que tanto o Havoxil® apresentou eficácia no controle fúngico associado aos frutos, com destaque para as concentrações de 3% e 4% do sanitizante, que promoveram supressão completa de fungos associados à deterioração pós-colheita. A redução na incidência de *Colletotrichum* sp., especialmente, é de grande relevância, uma vez que este patógeno é o principal agente causal da antracnose em *S. tuberosa* (Tavares et al., 1998; Carvalho et al., 2019). Essa ausência reforça a efetividade do Tiabendazol, amplamente reconhecido por sua ação fungicida de amplo espectro sobre patógenos pós-colheita (Lima et al., 2020).

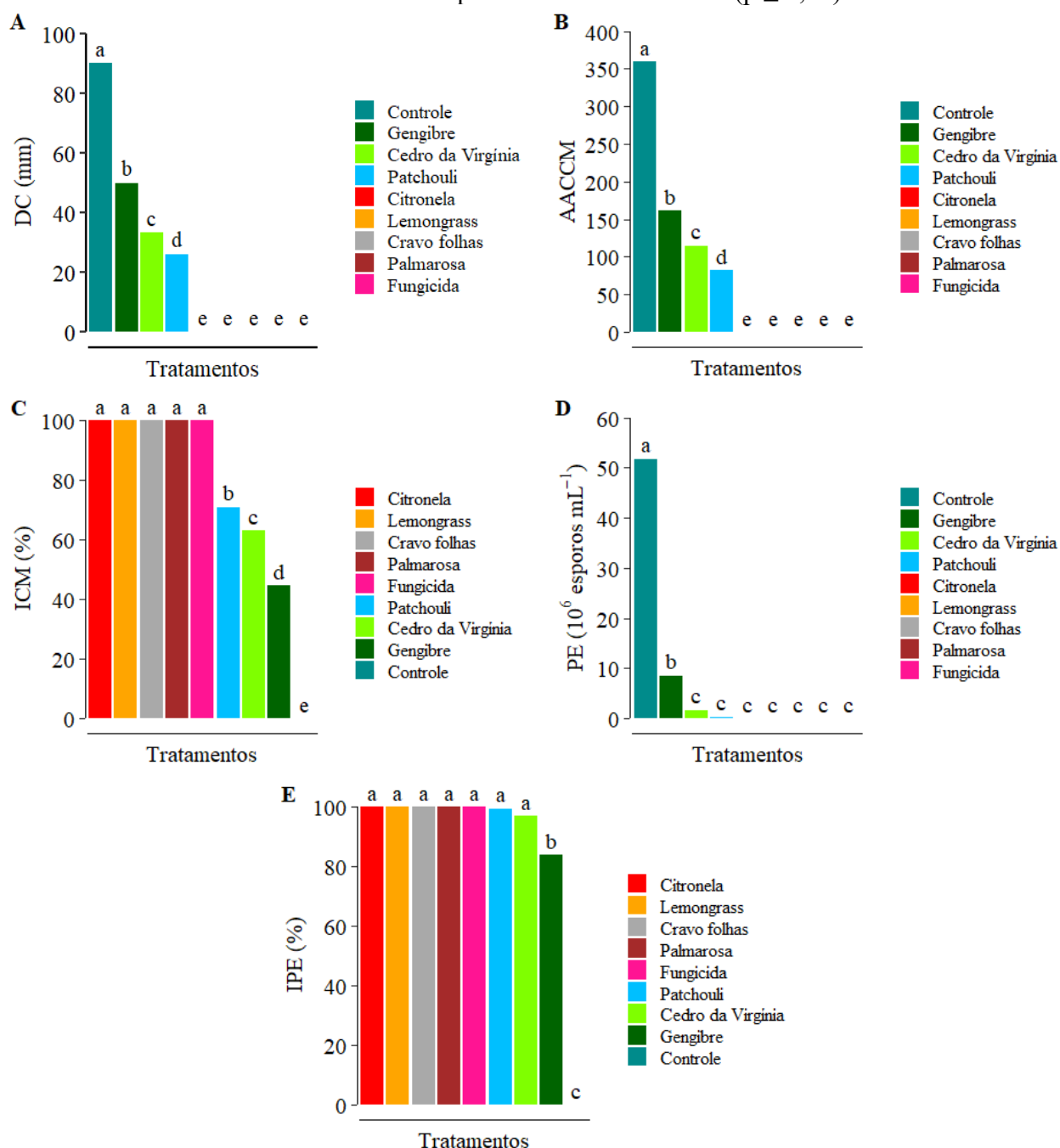
Nos tratamentos com Havoxil®, notou-se uma redução gradativa na presença de alguns gêneros à medida que aumentava a concentração do sanitizante, ainda que não de forma

totalmente consistente. *Colletotrichum* sp., por exemplo, esteve presente em concentrações mais baixas (1% e 2%), mas não foi detectado nas amostras tratadas com 3% e 4%. Esse comportamento sugere uma possível ação antifúngica do Havoxil®, embora menos eficaz quando comparada ao fungicida. Por outro lado, a presença de *Alternaria* sp. e *Diaporthe* sp. foi detectada mesmo nas concentrações mais elevadas de Havoxil®, indicando possível resistência ou menor sensibilidade desses gêneros ao sanitizante (Silva et al., 2019).

4.2 AVALIAÇÃO *in vitro* NO CONTROLE DE *Colletotrichum* sp.

Ao utilizar os óleos essenciais para avaliar seu efeito sobre *Colletotrichum* sp., verificou-se efeito significativo em todas as variáveis analisadas (Figura 5).

Figura 4 - Influência dos óleos essenciais de Citronela, Lemongrass, Cravo folhas, Palmarosa, Patchouli, Gengibre e Cedro da Virgínia à 1% no crescimento micelial e esporulação de *Colletotrichum* sp. A - diâmetro da colônia (DC), B - área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM), C - inibição do crescimento micelial (ICM), D - produção de esporos (PE) e E - inibição da produção de esporos (IPE). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).



Fonte: autoria própria

Conforme observado nas Figuras 5A e 5B, o crescimento micelial avaliado pelo diâmetro da colônia (DC) e a área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) após 7

dias, foram significativamente reduzidos com os tratamentos com OE's, quando comparados ao controle.

Em relação à inibição do crescimento micelial (ICM) (Figura 5C), os OE's de citronela, lemongrass, cravo folhas e palmarosa destacaram com os maiores índices de inibição, evidenciando forte atividade antifúngica, não diferindo estatisticamente do fungicida. Os dados indicam que esses óleos atuam como potentes inibidores do desenvolvimento fúngico, o que pode estar associado à presença de compostos bioativos como o citronelal, citronelol e geraniol, (Olinto et al., 2021; Maia, 2025).

A produção de esporos (PE) foi reduzida por todos os tratamentos utilizados, diferindo estatisticamente do controle (Figura 5D). Esses dados se complementam quanto a inibição da produção de esporos (IPE) (Figura 5E), na qual todos os tratamentos foram estatisticamente superiores ao controle.

Esses resultados demonstram o potencial dos óleos essenciais em interferir diretamente na reprodução do patógeno. Esse efeito pode estar relacionado à ação dos compostos antifúngicos presentes nos óleos, que atuam na integridade da parede e da membrana celular fúngica. Considerando que a parede celular é composta por β -glucanos e quitina, a interrupção da síntese desses componentes compromete sua estrutura, enquanto a inibição da biossíntese de ergosterol presente na membrana, provoca alterações estruturais (Lagrouh et al., 2017; Souza et al., 2021).

Na figura 6, pode-se observar efeito fungicida quanto ao crescimento de *Colletotrichum* sp. sob atuação dos óleos essenciais utilizados.

Figura 5 - Crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. sob influência dos tratamentos com OE's: T1 – Citronela, T2 – Lemongrass, T3 – Cravo folhas, T4 – Palmarosa, T5 – Patchouli, T6 – Gengibre, T7 – Cedro da Virgínia, T8 – Controle, T9 – Fungicida.



Fonte: autoria própria

Esses resultados evidenciam a eficácia dos OE's, na inibição do crescimento micelial e da esporulação de *Colletotrichum* sp. Dentre os compostos dos OE's, a classe dos terpenos e tepenoides são os principais responsáveis pela ação antifúngica e antibacteriana. (Kumar et al., 2019; Mendes et al., 2022).

Os constituintes majoritários presentes nos óleos atuam estabelecendo um potencial de membrana através da parede celular, interferindo na produção de ATP e provocando danos estruturais (Portella et al., 2021b). Além disso, possuem a capacidade de desintegrar a membrana mitocondrial, afetando a cadeia de transporte de elétrons (ETS), o que impede a germinação dos esporos e leva à morte celular (Becerril et al., 2020).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com diversas pesquisas que evidenciam o potencial dos óleos essenciais (OEs) no controle *in vitro* de *Colletotrichum* spp., fungo responsável por importantes perdas pós-colheita em frutas. A eficácia antifúngica dos OEs está diretamente associada à sua composição química, rica em monoterpenos, fenóis e aldeídos aromáticos, que atuam sobre as estruturas celulares dos fitopatógenos (Yousefi et al., 2024).

Mondal et al. (2021), destacaram que os óleos utilizados, apresentaram forte inibição micelial de *Colletotrichum musae* em testes *in vitro*, atuando por meio da desestabilização da membrana plasmática, causando perda de integridade celular e vazamento de íons e

metabólitos. Além disso, os autores observaram alterações morfológicas como encurtamento de hifas e perda de esporulação, evidenciando ação direta sobre o desenvolvimento fúngico.

Oliveira et al. (2021), por sua vez, relataram que óleo de cravo folhas (rico em eugenol) apresentou efeito fungistático contra *Colletotrichum gloeosporioides*, mesmo em baixas concentrações. Segundo os autores, esses compostos atuam inibindo enzimas essenciais envolvidas na respiração celular e na síntese de parede fúngica, o que compromete a viabilidade do micélio e impede a colonização do meio de cultura.

De mesmo modo, Sharma et al. (2025) destacou a inibição completa da germinação de esporos ao utilizar os óleos essenciais, indicando que atuam de forma precoce, impedindo o início do ciclo infeccioso do patógeno. Elshafie et al. (2023), evidenciaram que a aplicação de OE's interfere não apenas na membrana celular, mas também em processos intracelulares como a produção de energia mitocondrial, além de alterar a permeabilidade da membrana, também inibe a atividade de desidrogenases mitocondriais, o que leva à morte celular programada (apoptose) em fungos.

5. CONCLUSÃO

Os tratamentos com Havoxil[®] nas concentrações de 3 e 4% promoveram a ausência de *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp. e *Pestalotiopsis* sp., evidenciando seu potencial no controle pós-colheita em frutos de *Spondias tuberosa* Arruda.

As concentrações de 2, 3 e 4% de Havoxil[®] proporcionaram preservação do teor de vitamina C ao final do período de armazenamento.

Todos os óleos essenciais testados *in vitro* apresentaram alta eficácia antifúngica sobre *Colletotrichum* sp., inibindo crescimento e esporulação.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS A. C. MAFIA. R. G. **Métodos em Fitopatologia**. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa. Ed. UFV. 2016.
- AL-REZA, S. M.; RAHMAN, A.; AHMED, Y.; KANG, S. C. Inhibition of plant pathogens *in vitro* and *in vivo* with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 96, n. 2, p. 86-92, 2010.
- ANTÃO, C. A. R. Avaliação do efeito de fungicida sistêmico no tratamento prévio de sementes de espinafre (*Spinacia oleracea* L.), para controlar as perdas de plantas na instalação da cultura durante a época quente. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora, 2023.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. **Assoc Anal Chem**. 15^o ed, 1990.
- BARRETO, L. S.; CASTRO, M. S. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2010. Disponível em: <http://www.ispn.org.br/arquivos/Umbu4.pdf> Acesso em: 26 nov. 2017.
- BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. O umbuzeiro e o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA. 72p., 2015.
- BECERRIL, R.; NERÍN, C.; SILVA, F. Antifungal properties of essential oils and their major components. **International Journal of Food Microbiology**, v. 331, p. 108750, 2020.
- BERNARDI, A. O.; STEFANELLO, A.; LEMOS, J. G.; GARCIA, M. V.; COPETTI, M. V. Atividade antifúngica de sanitizantes comerciais contra cepas de *Penicillium roqueforti*, *Penicillium paneum*, *Hyphopichia burtonii* e *Aspergillus pseudoglaucus*: fungos causadores de espinhas em panificação. **Food Microbiology**, França, v. 83, p. 59-63, 2019.
- BRITO, N. M.; COELHO, M.; ARAÚJO, F. P.; FÉLIX, L. P.; NASCIMENTO, L. C. ARAÚJO, E. Incidência de Fungos em sementes de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda.) tratadas com diferentes concentrações de Captan. 2008.
- CARVALHO, A.S.; Melo, M.P.; Silva, J.P.; Matos, K.S.; Beserra, J.E.A.; Identificação de espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose de *Spondias* spp. no Brasil. **Patologia Florestal**, v. 49, n. 6, p. e12554, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Umbu – Análise Mensal – janeiro- 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-umbu/item/6315-umbu-analise-mensal-janeiro-2017>.
- CORREA, I. M. B. Aplicação de hidroresfriamento e sanitização em morangos' San Andreas'e seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita. 2023.
- 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, e13810, mar. 2023.

DIAS, B. L. Manejo integrado do enfezamento do milho por meio de óleos essenciais e seus efeitos na biologia de *Dalbulus maidis*., 2024.

ELSHAFIE, H. S.; CAGGIANO, R.; BUFO, S. A. Essential oils: antifungal mechanisms and applications in food preservation. **Microbial Pathogenesis**, v. 176, p. 105912, 2023.

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Produção de umbu movimentada R\$ 8,3 milhões em 2018. Belo Horizonte: EPAMIG, 2018. Acesso em 11 de set de 2025. Disponível em: <https://www.epamig.br/umbu-e-alternativa-de-renda-para-produtores-do-norte-de-minas>

FARIAS, L. A. O. Percepção dos agricultores do Lajedo de Timbaúba, Soledade (PB) quanto à importância do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* A. Câmara). **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 1, p. 39–44, 2012.

FARIAS, O. R.; CRUZ, J. M.; DUARTE, I.; SILVA, J.; CORDEIRO, L. N. Controle de fungos com óleo de eucalipto e transmissão de *Fusarium* sp. em sementes de *Mimosa caesalpinhiifolia*. **Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, 2023.

FIGUEIREDO, A. R.; SILVA, L. R.; MORAIS, L. A. S. Bioatividade do óleo essencial de *Eugenia caryophyllus* sobre *Cladosporium herbarum*, agente etiológico da verrugose em maracujá. **Scientia Plena**, v. 2, 2021.

GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The Epigenome and Transcriptional Dynamics of Fruit Ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, n. 1, p. 61–84, 2017.

GOMES, A.; LOPES, M. F.; PEREIRA, E. Efeito da aplicação de ultrassons e ácido peracético na conservação de castanhas frescas. 2023.

GOUVÊA, R.F.; RIBEIRO, L.O.; SOUZA, E.F.; PENHA, E.M.; MATTA, V.M.; FREITAS, S.P. Effect of enzymatic treatment on the rheological behavior and vitamin C content of *Spondias tuberosa* (umbu) pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p. 2176–2180, 2017.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4º ed. SÃO PAULO, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Acesso em: 11 de jun de 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>

KADER, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. 3. ed. Davis: **University of California**, 2002.

KOHATSU, L.; MARTINS, E. G.; FREITAS, C. V. Alterações físico-químicas em frutos de acerola durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 101-108, 2011.

KUMAR, S.; SINGH, R.; SHARMA D. Antifungal activity of plant essential oils: A review. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 5, p. 367–378, 2019.

LAGROUH, A.; DAKKA, N.; BAKRI, Y. The antifungal activity of Moroccan medicinal plants and the mechanism of action of essential oils. **Phytotherapy Research**, v. 31, n. 4, p. 633–646, 2017.

LIMA, M. A. C.; SANTOS, F. R.; COSTA, A. C. Qualidade pós-colheita de acerola em diferentes embalagens e temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 885–892, 2010.

LIMA, T. T.; FERREIRA, D. S.; SOUZA, L. M. Controle de patógenos fúngicos em pós-colheita de frutas tropicais. **Ciência Rural**, v. 50, n. 10, p. e20190546, 2020.

LIN, L.; CHEN, S.; XIA, W.; LI, T.; DONG, L.; ZHANG, Y.; ZHANG, Y.; LI, H.; ZHAO, Y.; FU, X. Uma nova estratégia: Efeito inibitório e mecanismo do óleo essencial de *Cymbopogon martinii* sobre *Aspergillus flavus*. **Biociência Alimentar**, v. 51, p. 102315, 2023.

MAIA, F. C. Óleo essencial de *Cymbopogon martinii* (Roxb.) Will. Watson como alternativa antifúngica contra *Candida* spp.: efeitos na transição morfológica e na formação de biofilme de *Candida albicans*. Tese de Doutorado, 2025.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. D.; LIMA, A. D. S.; CARVALHO, J. M. D.; SILVA, L. M. R. D.; PRADO, G. M. D.; FIGUEIREDO, R. W. D. Processamento de frutas tropicais: composição nutricional, produtos e controle de qualidade. 2024.

MARTINS, C. S. Controle de fungos associados à linha de processamento de suco de laranja. Tese de doutorado, 2022.

MEDEIROS, T. R. R. Desintegração da parede celular em frutos climatéricos: fisiologia e implicações. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, p. e0230041, 2023a.

MENDES, C. C. R.; MONTEIRO, A. M. G.; TOLEDO, A. S.; OTSUBO, B. K. V.; SOUZA, I. C. R.; MORAIS, I. O.; MACHADO, L. C. S. Correlação entre os componentes químicos e propriedades terapêuticas dos óleos essenciais na diminuição de sintomas clínicos em cada sistema do corpo humano. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 1, p. 741-760, 2022.

MENEZES, P. H. S.; SOUZA, A. A. D.; SILVA, E. S. D.; MEDEIROS, R. D. D.; BARBOSA, N. C.; GARCIA S. D. Influência do estágio de maturação na qualidade físico-química de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 8, n. 1, p. 73–78, 2017.

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (*Anacardiaceae*), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 542–552, 2017.

MONDAL, P.; DAS, S.; SAHA, A.; SEM, S. Essential oils as potential antifungal agents against *Colletotrichum* spp.: A review. **Plant Pathology Journal**, v. 37, n. 3, p. 267–278, 2021.

MONTEIRO, E. R.; TIECHER, A. Sanitização de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Higiene Alimentar**, 2022.

MONTEIRO, R. F.; SOUZA, R. M.; ALMEIDA, I. G. Atividade enzimática em frutos tropicais submetidos a tratamentos sanitizantes. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 44, n. 1, p. 17–26, 2023a.

MONTEIRO, R. F.; TIECHER, A. Utilização de peróxidos orgânicos na manutenção da qualidade de frutas. **Revista Brasileira de Pós-Colheita**, v. 24, n. 3, p. 11–19, 2022.

MONTEIRO, S. S.; SILVA, T. D. N.; SILVA, T. G. F. D.; SOUSA, N. R. D.; NUNES, M. S.; NASCIMENTO, L. C. D. Sanitizantes na pós-colheita de goiaba ‘Paluma’ durante o armazenamento e controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. **Summa Phytopathologica**, v. 49, e263995, 2023b.

MOREIRA, M. C. Sabor e qualidade de frutas tropicais: fatores determinantes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 46, n. 2, p. e-120, 2024.

MOURA, F. T. D.; SILVA, S. D. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 764–772, 2013.

NASCIMENTO, T. V. C.; NOGUEIRA, D. M.; CAVALCANTE, N. de B. Productive performance and parasitological control of kids supplemented with umbu fruits (*Spondias tuberosa* Arruda). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 3, p. 520–528, 2016.

OLINTO, F. A.; NUNES, M. S.; SILVA, L. G.; DA SILVA, H. F.; NASCIMENTO, L. C. Óleos essenciais sobre a qualidade de sementes de leucena. **Revista Principia**, n. 54, p. 9-19, 2021.

OLIVEIRA, C. E. S.; HENRIQUE, C. B.; CASTRO, N. T. Alterações físicas e químicas em frutos de aceroleira durante o amadurecimento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 44, e10791, 2023b.

OLIVEIRA, M. S.; LIMA, M. T.; ALMEIDA, R. F. SOUZA, R. J. Ação antifúngica do óleo de cravo sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Fitos**, v. 15, n. 4, p. 519–528, 2021.

OLIVEIRA, V. S.; PORCINO, M. M.; ARAÚJO, E. F. B.; SABINO, B. T. S.; ARAÚJO, J. S.; NASCIMENTO, L. C. Óleos essenciais no controle *in vitro* de *Scytalidium* sp. da palma forrageira. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, 2023a.

PAHARIYA, P.; FISHER, D. J.; CHOUDHARY, R. Análises comparativas de soluções sanitizantes na redução microbiana e na qualidade de vegetais folhosos. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, Geórgia, v. 154, p. 112696, 2022.

- PILLA, R. B. Métodos alternativos no controle de podridões de morango e maçã. 2021.
- PORTELLA, J.; ORLANDI, R. C.; ALMEIDA, J., KOEFENDER, J., SCHOFFEL, A.; CAMERA, J. N. Óleos essenciais no controle *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Revista Thema**, v. 19, n. 3, p. 615–621, 2021a.
- PORTELLA, N. A. CAMPOS, I. M.; FREITAS, J. S. Mecanismos de ação de óleos essenciais em fungos pós-colheita. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 3, p. 365–373, 2021b.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024. Available on: <https://www.R-project.org/>. Accessed on: 31 Jun., 2025.
- RINALDI, M. M.; COSTA, A. B. FREIRE, R. T. Uso de sanitizantes alternativos em frutas minimamente processadas. **Alimentos e Nutrição**, v. 28, n. 2, p. 317–325, 2017.
- RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; BRAZ, S. F. O. A.; ASSIS, D. Conservação pós-colheita de frutos de maracujá-alho BRS Vita Fruit produzidos em sistema convencional e orgânico. **Agrotropica, Ilhéus**, v. 33, n. 3, p. 205-214, 2021.
- ROCHA, J. P. M.; SOUZA, P. A.; SILVA, R. J.; COSTA, B. L.; SILVA, G. K. L.; SANTOS, S. C. L. Caracterização físico-química dos frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) provenientes da cidade de Campo Redondo-RN. RECIMA21-**Revista Científica Multidisciplinar**-ISSN 2675-6218, v. 5, n. 5, p. e555130-e555130, 2024.
- RODRIGUES, A.A.M.; SILVA, S.D.M.; DANTAS, A.L.; SILVA, A.F.D.; SANTOS, L.D.S.; MOREIRA, D.N. Physiology and postharvest conservation of ‘Paluma’ guava under coatings using jack fruit seed-based starch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. 1–8, 2018.
- SANTOS, L. A. D. L.; PINHEIRO, L. R. B.; ROCHA, L. D. S.; BRAGANÇA, C. A. D.; SILVA, H. S. A. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. **Summa Phytopathologica**, v. 47, p. 45–53, 2021.
- SANTOS, P. R. R.; CARDOSO, V. D.; ALVES, M. V. G.; FERREIRA, C. C. B.; SANTOS, J. P. O.; SANTOS, G. R. Etiologia de fungos e suas interações com sementes comerciais de *Brachiaria* produzidas no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 2, e11502, 2024.
- SEIFERT, K. A.; GAMS, W. Os gêneros de Hyphomycetes – atualização de 2011. **Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v. 27, n. 1, p. 119-129, 2011.
- SHAABAN, H. A. Essential Oil as Antimicrobial Agents: Efficacy, Stability, and Safety Issues for Food Application. In: Essential Oils – Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications, p. 1–33, 2020.
- SAWYER, Donald; VIANNA, Bento; NOGUEIRA, Mônica. Comercialização de Produtos Agroextrativistas:: Problemas e Soluções. **Sustainability in Debate**, v. 5, n. 3, p. 169-182, 2014.

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.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slow mild wing in knox wheat. *Phytopathology*, 67: 1051-1055, 1977.

SHARMA, R. et al. Essential oils disrupt fungal spore germination: evidence from *Colletotrichum* spp. *Mycology Research Journal*, v. 14, n. 1, p. 44–52, 2025.

SHARMA, S.; BARKAUSKAITE, S.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry*, v. 343, e128403, 2021.

SILVA, D. M.; GOMES, E. V.; RIBEIRO, L. C. Resistência fúngica a sanitizantes em frutos tropicais. *Fitopatologia Brasileira*, v. 44, n. 1, p. 15–22, 2019.

SILVA, L. M. M. Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). 107f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SILVA, M. S. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTIAGO, V. M. S. Avaliação físico-química e sensorial de doces cremosos produzidos com soro de leite de cabra, leite de vaca e polpa de umbu. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13, n. Especial, p. 397–410, 2011.

SOUSA, R. M.; FREITAS, C. B.; ALENCAR, J. D. Acúmulo de açúcares em frutos climatéricos durante a pós-colheita. *Revista Brasileira de Pós-Colheita*, v. 25, n. 1, p. 34–41, 2024.

SOUSA, J.F.; OLIVEIRA, A.A.; CAMPOS, N.B.; BEZERRA, J.W.; SILVA, V.B.; NASCIMENTO, M.P.; Composição florística de duas áreas de Caatinga da Chapada do Araripe. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 10, n. 13, pág. e506101321398-e506101321398, 2021.

SOUZA, M. C.; SILVA, J. F.; NETO, S. C.; SILVA, H. F.; SILVA, E. C.; NASCIMENTO, L. C. Elicitores de resistência no manejo da antracnose em frutos de *Musa* spp. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 4, n. 4, 2022.

SOUZA, R. V.; GRAÇAS, M. C.; FERREIRA, V. R. F.; OLIVEIRA, C. D.; ALVES, M. V. P.; CAMPOLINA, G. A.; BATISTA, L. R. Potencial antifúngico de constituintes de óleos essenciais. *Research, Society and development*, v. 10, n. 12, p. e457101220537-e457101220537, 2021.

STROHECKER, R.; ZARAGOZA, F. M.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montolvo; 1967. 428p.

SUN, J.; DENG, Z.; YAN, A. Bacterial multidrug efflux pumps: mechanisms, physiology and pharmacological exploitations. *Biochemical and biophysical research communications*, 453 (2), 254-267, 2014.

TAVARES, S.D.H.; NASCIMENTO, A.R.P.; NASCIMENTO, C.D.S.; KARASAWA, M. RECORDS of *Colletotrichum gloeosporioides* as an “umbu” (*Spondias tuberosa*) **pathogen in Brazil**. 1998.

XAVIER, V. L. Potencial tecnológico de frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): aproveitamento integral do umbu na elaboração de produtos alimentícios funcionais. 2019.

YOUSEFI, M. et al. Effectiveness of essential oils on *Colletotrichum* spp. in tropical fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v. 204, p. 112364, 2024.

ZORE, G. B.; THAKRE, A. D.; JADHAV, S.; KARUPPAYIL, S. M. Terpenoids inhibit *Candida albicans* growth by affecting membrane integrity and arrest of cell cycle. **Phytomedicine**, 18(13), 1181-1190, 2011.