

MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

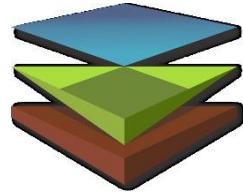
BIOFILME DE FÉCULA DE MANDIOCA COM EXTRATOS VEGETAIS NO CONTROLE DA PODRIDÃO DA COROA EM BANANA PRATA NA PÓS COLHEITA

*ESTER DOANNI DA SILVA
FERREIRA DIAS*

Serrinha - Bahia - Brasil -
2023



INSTITUTO FEDERAL
Baiano
Campus Serrinha

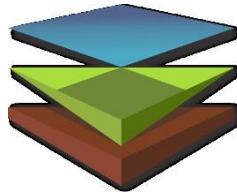


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ESTER DOANNI DA SILVA FERREIRA DIAS

**BIOFILME DE FÉCULA DE MANDIOCA COM EXTRATOS VEGETAIS NO
CONTROLE DA PODRIDÃO DA COROA EM BANANA PRATA NA PÓS COLHEITA**

SERRINHA
BAHIA – BRASIL
2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ESTER DOANNI DA SILVA FERREIRA DIAS

**BIOFILME DE FÉCULA DE MANDIOCA COM EXTRATOS VEGETAIS DE NO
CONTROLE DA PODRIDÃO DA COROA EM BANANA PRATA NA PÓS
COLHEITA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Serrinha, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador(a): Dra. Carla da Silva Sousa
Coorientadores: Dr. Rafael Oliva Trocoli e Dr. Antônio Sousa

SERRINHA
BAHIA - BRASIL
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Ricardo Santos do Carmo Reis - CRB – 5^a / 1649

Dias, Ester Doanni da Silva Ferreira

D541b Biofilme de fécula de mandioca com extratos vegetais no controle
da podridão da coroa em banana da prata na pós colheita/ Ester Doanni
da Silva Ferreira Dias.- Serrinha, Ba, 2023.
44 p.; il.: color.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Ambientais) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Serrinha.

Orientadora: Profa. Dra. Carla da Silva Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Oliva Trocoli.

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Sousa

1. Revestimento. 2. Conservação. 3. Controle alternativo. I. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. II. Sousa, Carla da
Silva (Orient.). III. Trocoli, Rafael Oliva (Coorient.). IV. Sousa, Antônio.
V. Título.

CDU: 664.85

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ester Doanni da Silva Ferreira Dias

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela banca examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 CARLA DA SILVA SOUSA
Data: 16/10/2023 18:56:37-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Dra. Carla da Silva Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 RAFAEL OLIVA TROCOLI
Data: 21/11/2023 09:28:45-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Dr. Rafael Oliva Trocoli
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
(Examinador Interno)

Documento assinado digitalmente
 ANTONIO SOUSA SILVA
Data: 17/10/2023 14:21:09-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

Dr. Antonio Sousa Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
(Examinador Interno)

Aprovada em : 31/07/2023

AGRADECIMENTOS

Ao meu protetor, incentivador e doador da vida, que é Deus, pelo seu cuidado em cada detalhe.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia baiano, Campus Serrinha, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais; A Prof^a Dra.Carla Sousa, pela orientação dispensada e apoio na execução dos trabalhos; Ao Prof^o Dr. Antonio Sousa pelas sugestões, ensinamentos e motivação para continuidade do curso; Ao Prof^o Dr. Rafael Oliva Trocoli, pelo apoio e ensinamentos.

À minha família, meus pais Raimunda Felipe da Sila e José Roberto Ferreira, pelo incentivo, carinho e orações, amo vocês.

Ao meu esposo Tiago Pereira Dias, pela paciência, pelo carinho, pelo incentivo e por sempre está ao meu lado nos meus desafios acadêmicos. E aos meus filhos Tiago Felipe e Letícia Emanuela, vocês são minhas motivações a seguir em frente. Amo muito vocês.

As minhas irmãs Sara e Ruth e irmão Samuel pela ajuda e ombro amigo nos momentos de desânimo, pelas orações e puxões de orelha.

À minha amiga Erica de Castro pela sua importante amizade, convívio e apoio para o desenvolvimento deste trabalho; Aos colegas do Curso de Pós-Graduação pela amizade e companheirismo;

Aos professores do Curso de Pós-Graduação pelo enriquecimento profissional; Aos meus familiares em geral por todo apoio e incentivo; Aos amigos e a todos aqueles que direto ou indiretamente, colaboraram durante meu curso.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos,

Ester Doanni da Silva Ferreira Dias

*Consagre ao Senhor
tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos*

Provérbios 16:3

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Ester Doanni da Silva Ferreira Dias | 4 |
| COMISSÃO EXAMINADORA..... | 4 |
| RESUMO | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Banana (<i>Musa spp.</i>)..... | 14 |
| 2.2 Doenças que acometem a banana (<i>Musa spp.</i>) | 15 |
| 2.3 Extratos Vegetais..... | 16 |
| 2.4 Biofilmes | 18 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 21 |
| 3.1 PREPARO DOS MEIOS DE CULTURA..... | 21 |
| 3.2 OBTENÇÃO DA CULTURA PURA DO FUNGO <i>Lasiodiplodia theobromae</i>.. | 22 |
| 3.3 INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO | 22 |
| 3.4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DO FUNGO <i>Lasiodiplodia theobromae</i> | 22 |
| 3.5 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CULTURAIS DOS ISOLADOS DE <i>Lasiodiplodia theobromae</i>..... | 24 |
| 3.6 PREPARO DOS BIOFILMES E O TESTE <i>in vivo</i>..... | 24 |
| 3.7 DETERMINAÇÃO DO pH..... | 25 |
| 3.7 SÓLIDOS SOLÚVEIS TITULÁVEL (SS)..... | 26 |
| 3.8 ACIDEZ TITULÁVEL (AT) | 26 |
| 3.9 RELAÇÃO SOLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULAVEL (SS)/(AT)..... | 27 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 29 |
| 4.1 BIOFILMES E O CRESCIMENTO MICELIAL EM TESTE <i>IN VITRO</i>..... | 29 |
| 4.2 INFLUÊNCIA DOS MEIOS DE CULTURA SOBRE A COLORAÇÃO DOS ISOLADOS DE <i>L. theobromae</i>..... | 30 |
| 4.3 DETERMINAÇÃO DO pH..... | 32 |
| 4.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS TITULÁVEL (SS)..... | 33 |
| 4.5 ACIDEZ TOTAL..... | 34 |
| 4.6 RELAÇÃO SOLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULAVEL (SS)/(AT)..... | 35 |
| 5. CONCLUSÃO | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 (A) e (B). Elaboração dos meios de cultura (biofilmes)..... | 21 |
| Figura 2- Fragmentos dos isolados depositados em placas petri com seus respectivos tratamentos | 24 |
| Figura 4 e 5- Preparo dos Biofilmes. | 25 |
| Figura 6 e 7- Imersão do fruto na solução filmogênica / Exposição ao ambiente em bandejas laminadas. | 25 |
| Figura 8- Determinação do Sólidos Solúveis. | 27 |
| Figura 9- Determinação da Acidez titulável. | 27 |
| Figura 10- Coloração do isolado de <i>L. theobromae</i> em diferentes meios de cultura..... | 31 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Crescimento micelial de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> em diferentes meio de cultura | 29 |
| Tabela 2. Características dos 21 isolados de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> em relação à coloração da colônia..... | 32 |
| Tabela 3. Valores médios de pH de todos os tratamentos. | 33 |
| Tabela 4. Teor de Sólidos Solúveis °Brix | 34 |
| Tabela 5. Acidez Titulável (AT) após 12 dias de experimento..... | 35 |
| Tabela 6. Relação Sólidos solúveis e acidez total..... | 36 |

RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é a fruta mais consumida no mundo e, no país tem 98% da produção destinada predominantemente ao mercado interno (ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018). Essa cultura apresenta uma grande sensibilidade ao ataque de pragas e doenças. Nesse sentido, faz-se necessário a utilização de métodos que venham inibir o desenvolvimento de fungos, como é o caso dos biofilmes em consórcio com fungicidas a partir de extratos naturais que possibilitam proteção ao fruto. Dessa forma este trabalho teve como objetivo desenvolver um biofilme sustentável para proteção dos frutos contra danos causados por fungos, minimizando a perda pós-colheita da banana (*Musa sp.*) aumentando o tempo de vida útil do fruto. O trabalho foi desenvolvido em 2 etapas, os testes foram realizados *in vitro*, utilizando extratos de vegetais e fécula de mandioca como meio de cultura para a avaliação do crescimento micelial de fungo *Lasiodiplodia theobromae*, causado da podridão da coroa. No segundo momento realizou-se o teste *in vivo* com banana da variedade “prata”, com a formulação de biofilmes com extratos de vegetais e por fim a aplicação na banana, em seguida foram realizados testes com as variáveis: crescimento micelial (*in vitro*), caracterização físicas da colônia (*in vitro*), pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre SS e AT (*in vivo*). O uso do biofilme de fécula de mandioca com extratos de vegetais, em especial a canela mostrou-se eficiente no controle do crescimento micelial. Nas variáveis referentes ao teste com biofilme *in vivo*, o pH variou entre 3,9 e 4,4, estando dentro dos padrões aceitáveis frente ao tempo de amadurecimento. O teor de sólidos solúveis apresentaram faixa adequada demonstrando boa qualidade do fruto apesar do tempo de maturação estar elevado, que já apresentava 12 dias de amadurecimento. A acidez titulável ficou na faixa de 0,8% à 2,9. Na análise do Ratio SS/AT, os tratamentos diferiram entre si com valores que variaram. Conclui-se que em testes *in vitro* o biofilme mostrou-se eficiente, entretanto em testes *in vivo* o revestimento de biofilmes podem influenciar nas altas taxas de acidez, porém manter o pH dentro dos valores aceitáveis e que é necessário avanços nesses estudos para encontrar um biofilme que confira proteção ao fruto mantendo a qualidade em todas as variáveis analisadas.

Palavra-chave: Revestimento; Conservação; Controle alternativo;

ABSTRACT

Banana (*Musa* spp.) is the most consumed fruit in the world and, in the country, 98% of production is destined predominantly for the domestic market (ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018). This crop is highly sensitive to attack by pests and diseases. In this sense, it is necessary to use methods that will inhibit the development of fungi, as is the case of biofilms in consortium with fungicides from natural extracts that allow protection to the fruit. Thus, this work aimed to develop a sustainable biofilm to protect the fruits against damage caused by fungi, minimizing the post-harvest loss of banana (*Musa* sp.) and increasing the shelf life of the fruit. The work was carried out in 2 stages, the tests were carried out in vitro, using vegetable extracts and cassava starch as a culture medium for the evaluation of the mycelial growth of the fungus *Lasiodiplodia theobromae*, caused by crown rot. In the second moment, the in vivo test was carried out with banana of the "prata" variety, with the formulation of biofilms with plant extracts and finally the application in the banana, then tests were carried out with the variables: mycelial growth (in vitro), physical characterization of colonies (in vitro), pH, soluble solids, titratable acidity, relationship between SS and AT (in vivo). The use of cassava starch biofilm with plant extracts, especially cinnamon, proved to be efficient in controlling mycelial growth. In the variables referring to the in vivo biofilm test, the pH varied between 3.9 and 4.4, being within acceptable standards in view of the ripening time. The soluble solids content showed an adequate range, demonstrating good quality of the fruit despite the high maturation time, which already had 12 days of ripening. The titratable acidity was in the range of 0.8% to 2.9. In the analysis of the Ratio SS/AT, the treatments differed with values that varied. It is concluded that in in vitro tests the biofilm proved to be efficient, however in in vivo tests the biofilm coating can influence the high acidity rates, but maintain the pH within acceptable values and that advances in these studies are necessary to find a biofilm that provides protection to the fruit while maintaining the quality of all analyzed variables

Keyword: Coating; Conservation; Alternative control;

1. INTRODUÇÃO

Doenças em frutíferas se originam ainda no campo, durante o cultivo em campo, momento em que o patógeno se instala no início da frutificação até a última etapa do desenvolvimento do fruto, que se trata da pós-colheita (SOARDI, et al., 2018). Durante a pós-colheita, as plantas são expostas a uma variedade de fatores que podem favorecer o desenvolvimento e a propagação de doenças, fatores esses como o manejo inadequado durante a colheita, transporte, manuseios que causam ferimentos e danos ao fruto e conservação inapropriada que podem favorecer a incidência de patógenos. No que se referem aos detrimetos derivados por fungos, é de grande importância buscar métodos que possibilitem controlar as ações patogênicas dos mesmos, conservando assim os frutos e prolongando seu tempo de vida útil. O uso de revestimentos comestíveis (filmes) ou biofilmes é uma tecnologia, que tem como matéria-prima os derivados de amilose, de celulose ou colágeno, podendo ser removidos com água ou ingeridos juntamente com o produto protegido, além de terem custo baixo (CAZON, 2017). Os revestimentos comestíveis são aplicados na superfície dos alimentos para criar uma barreira protetora contra fatores externos, como umidade, oxigênio e transferência de gases. Eles podem ajudar a prolongar a vida útil dos alimentos, reduzir perdas devido à deterioração e manter sua qualidade sensorial.

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumida no mundo e, a segunda mais produzida no Brasil, no país tem 98% da produção destinada predominantemente ao mercado interno (ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018). Sua popularidade se deve, em parte, à sua disponibilidade, sabor agradável e valor nutricional, pois é extremamente rica em potássio, carboidratos e fibras solúveis, além de conter fósforo, cálcio, magnésio e vitaminas A, B e C. Destaca-se também pelo elevado teor de açúcares, pela multiplicidade de uso, excelente sabor e ampla aceitação entre todas as faixas etárias e níveis sociais. A banana é uma fruta produzida o ano todo, possibilitando que seja fornecida ao mercado com a regularidade que é requerida (LEITE et al., 2015). Essa cultura apresenta uma grande sensibilidade ao estresse hídrico sendo necessários condições especiais de cultivo (SOUZA,

2019) e, por esta razão ela é susceptível a ataques de pragas e doenças. Quando as plantas estão enfraquecidas devido a esses fatores, elas se tornam alvos mais fáceis para insetos, ácaros, nematoides e patógenos que causam doenças.

Muitas doenças em frutíferas são causadas por fungos fitopatógenos, que ocasionam perdas para as culturas e danos econômicos para os produtores, inclusive na pós-colheita (ALMEIDA, 2017); A “antracnose”, “podridão do colmo” e da “podridão da coroa”, que atinge a banana já na fase da pós-colheita são doenças que se instalam no fruto ocasionando estragos significativos, impossibilitando seu consumo. Elas ocorrem durante todo o ano, principalmente no verão. Isso ocorre pelo fato dos patógenos de maneira geral, ter melhor adaptação em climas quentes e umidade do ar baixa. A ocorrência de pragas e as doenças na cultura da banana acumulam severas perdas na produção, que a depender das circunstâncias podem atingir até 100%, devido à falta de um eficiente método de controle (SOUZA, 2019).

Por se tratar de uma atividade de grande potencial para o pequeno produtor e suas famílias, a cultura da banana estreita as relações sociais e culturais, possibilitando oferta de renda e emprego (CHIODI, 2020), pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento econômico, contribuindo para a coesão familiar e a promoção da identidade local. Neste contexto, trazer medidas de controle para reduzir perdas excessivas e oferecer um fruto de qualidade ao consumidor e que sejam de baixo custo é de extrema importância para os produtores. Por esta razão, alternativas que não causem impactos ambientais e à saúde está cada dia obtendo mais aceitabilidade, como os biofilmes à base de amidos em consórcio com extratos naturais, pois essa tecnologia busca um controle das atividades microbianas presentes na fase da pós-colheita no fruto, assim preservando-o por mais tempo para a venda e o consumo, favorecendo também qualidade a esse fruto. Diante do exposto, fornecer produtos que protejam o fruto, de fácil aplicação e que apresente bons resultados podem possibilitar melhorias na produção da banana. Dessa forma este trabalho teve como objetivo desenvolver um biofilme sustentável para

proteção dos frutos contra danos causados por fungos, minimizando a perda pós-colheita da banana (*Musa spp.*) aumentando o tempo de vida útil do fruto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Banana (*Musa spp.*)

A banana (*Musa spp.*) é uma planta herbácea e seu cultivo iniciou-se há mais de quatro mil anos na Ásia e na África. Foi introduzida no Brasil pelos colonos portugueses, apresentando fácil adaptação ao clima tropical (CAMPELO, 2020). Monocotiledônea, herbácea, seu caule é subterrâneo do tipo rizoma onde se apoia os componentes da planta que são as raízes, gemas, rebentos, pseudocaule, folhas e frutos (SANTOS, 2019), essas características estruturais da planta da banana são importantes para seu crescimento, desenvolvimento e produção de frutos. Sua produção nacional estimada em 2018 foi de 6,82 milhões de toneladas, segundo os dados estatísticos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Corroborando a essa informação Sousa (2017) menciona em seu trabalho que o crescimento da bananicultura tem crescido a nível mundial e que esse aumento se dá pelas técnicas atualmente empregadas para minimizar perdas e melhorar o desenvolvimento do fruto, o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias e a adoção de boas práticas de manejo são fundamentais para garantir a sustentabilidade e o crescimento contínuo dessa importante cultura.

A banana é uma fruta muito consumida pelos brasileiros, seja *in natura* ou na fabricação de doces, farinha, geleias, vitaminas dentre outros (SOUSA, 2017). Além das vitaminas e açúcares, a banana também é uma boa fonte de fibras alimentares, especialmente fibras solúveis, como a pectina. As fibras ajudam a promover a saúde digestiva, auxiliando na regularidade intestinal e contribuindo para a sensação de saciedade. Também é uma das frutas mais consumidas no mundo, pois é rica cálcio e em sua composição tem cerca de 90% de carboidrato (SANTOS, 2019).

A banana possui quatro fases específicas durante o ciclo fenológico que é o crescimento, maturação, amadurecimento e senescência, além de ser um fruto climatérico (SILVA, 2017), essas fases são características de muitas frutas, incluindo a banana, e desempenham um papel importante na determinação da qualidade e sabor da fruta, e por apresentar alta taxa respiratória e a produção de etileno, que possibilita a incidência de fungos fitopatógenos no fruto nas fases de maturação e amadurecimento.

A produção de banana na agricultura familiar é considerada um meio de subsistência de diversos produtores do semiárido (SOUSA, 2017). Nesse sentido, frutos como a banana tem um tempo de vida útil de prateleira bastante reduzido, necessitando de técnicas que venham oferecer melhor qualidade do fruto (CAMPELO, 2020). Porém, quando ocorrem danos aos frutos na fase pós-colheita torna o fruto inadequado à venda e ao consumo.

2.2 Doenças que acometem a banana (*Musa spp.*)

Assim como toda cultura, a banana sofre ataques de fungos patogênicos que podem comprometer o desenvolvimento das plantas em todas as suas fases de desenvolvimento, como manchas foliares (sigatoka-amarela e sigatoka-negra), murchas vasculares (mal-do-panamá e moko-da-bananeira e as que acometem na fase pós-colheita como o caso da antracnose e as podridões (SILVA, 2016; LORENZETTI, 2019; SILVA, 2019). Na bananicultura, assim como em outras culturas a disseminação dos fungos é rápida e facilitada dentro e fora da área de produção, e estes danos podem afetar diretamente os consumidores por meio dos estragos no fruto pós-colheita, como as podridões. Complementando essa afirmação, doenças como a antracnose, que é causada pelo fungo *Colletotrichum spp.*, ocasiona grandes perdas, prejudica a qualidade dos frutos, compromete o seu valor comercial (ARAÚJO et al., 2018).

Em seu trabalho sobre o controle de antracnose, Araujo (2018) também relatou os danos ocasionados pelo *Colletotrichum spp.* que causam lesões escurecidas nos frutos, tornando inadequados para a comercialização devido sua aparência. Outra doença expressivamente prejudicial aos frutos na pós-

colheita é a podridão-da-coroa causada pelo fungo *Fusarium* spp. Aguiar (2019) afirma que a ação desse fungo inicia na pós-colheita, começando na região da coroa da banana, tornando o fruto escurecido, despencamento das bananas no cacho. Logo após a colheita da banana ela fica mais suscetível à ataques de fungos por estar exposta ao ambiente como é o caso do *Fusarium* spp. que associado à umidade e injúrias mecânicas, favorece a inoculação do patógeno, ocasionando apodrecimento da penca (AGUIAR, 2019). Outra doença de grande impacto econômico é o mal de Panamá ocasionada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.

A incidência de doenças na cultura da banana é bastante evidente em todas as fases de seu desenvolvimento, inclusive na pós-colheita e não é diferente com o fungo *L. theobromae*, pois ele causa danos irreparáveis, sendo também o agente causador da podridão da coroa na banana e em várias frutas como a manga, goiaba, mamão e abacate a podridão pendicular (JUNQUEIRA, 2014). Estas doenças se apresentam na fruta logo após a sua colheita ocasionando estragos significativos visíveis, impossibilitando seu consumo. Para minimizar a ocorrência dessas doenças, são adotadas práticas de manejo e medidas de controle, como inspeção rigorosa na colheita, tratamentos pós-colheita, que nem todas as doenças são visíveis imediatamente após a colheita, algumas podem se desenvolver e se manifestar ao longo do tempo. Portanto, é essencial aplicar tratamentos que venham controlar essas doenças.

2.3 Extratos Vegetais

A utilização de extratos vegetais apresenta grande eficiência no controle de diversas doenças e suas vantagens incluem a baixa toxicidade à saúde e pouca agressão ambiental. Diversos trabalhos vêm sendo realizados com a utilização de extratos contra a incidência de fungos em plantas e frutos. Os extratos de vegetais são geralmente considerados mais sustentáveis, pois têm menor impacto no meio ambiente quando comparados a produtos químicos agressivos. Eles podem se degradar mais facilmente no ambiente e têm menor potencial de contaminação da água, solo e ecossistemas. O uso de extratos vegetais para o controle de doenças é uma prática comumente utilizada desde os primórdios da

humanidade. Corroborando com essa afirmativa Camera (2018) afirmou que muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas buscando alternativas que diminua o uso de produtos químicos contribuindo para uma agricultura que preserve os recursos naturais. As alternativas viáveis no trabalho de Camera (2018) foram extratos de alho, cebola, cravo-da-índia e alecrim, o que obteve resultados de inibição de até 100% do crescimento micelial do fungo *F. graminearum*.

Estudos com extratos de plantas como método alternativo vem tendo avanços significativos na agricultura sustentável. Inovados meios de controle de doenças que atendam o contexto agroecológico tem impulsionado estudos na área de controle de fitopatógenos que sejam eficientes (SCHWAN-ESTRADA et al., 2017). A utilização de extratos de vegetais como controle alternativo, torna-se vantajoso, já que é uma tecnologia simples e que pode ser fornecida aos pequenos produtores rurais (DOMINGUES, 2020), proporcionando a estes um produto sustentável e de baixo custo, em comparação com produtos químicos sintéticos, muitos extratos vegetais têm baixa toxicidade para os seres humanos e animais, tornando-os opções mais seguras de controle de doenças. Em sua pesquisa, Domingues (2020) utilizou extratos de aroeira, guaco, tuia e gergelim e em seu trabalho ele pôde perceber que todos os extratos utilizados apresentaram controle na ação do fungo *Rhizoctonia* sp., sendo o de maior destaque na inibição do crescimento micelial o extrato proveniente da aroeira.

Em seus trabalhos Camera (2018) e Schwan-Estrada et al. (2017) utilizaram óleo essenciais e extrato bruto e os resultados foram favoráveis no controle para inibição do crescimento micelial e a germinação de esporos. Métodos alternativos utilizam plantas com o objetivo de conter doenças fúngicas e a germinação de esporos causadores dessas doenças. Trabalhando com óleo essencial de canela Soardi et, al. (2018) percebeu que houve uma eficiência no controle da podridão pós-colheita causada pelo fungo *P. expansum* em maçãs ‘Fuji’. Existe uma grande variedade de vegetais com ações fúngicas e que pode ser utilizada de diversas maneiras na forma de extratos, óleos essenciais e inseticidas e repelentes, buscando minimizar os danos causados pelas doenças fúngicas.

Em sua pesquisa Correia (2019) comprovou a eficiência dos óleos a base de hortelã, capim-limão e citronela com uma inibição total do crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. em frutos de banana. Dessa forma, por meio de extratos vegetais, é possível a redução do uso de pesticidas químicos que têm um efeito danoso ao meio ambiente e principalmente aos agricultores. Diversos extratos vegetais vem sendo utilizados, como exemplo a hortelã, citronela, capim-limão, moringa, calêndula, alecrim, alho, gengibre dentre outros. Se tratando da gengibre (*Zingiber officinale*) Almeida et. al (2017) utilizaram e verificaram que o extrato demonstrou resultados significativos com redução no crescimento micelial do fungo *Alternaria solani*. Santos Neto et al., (2016), observaram uma grande eficiência na inibição do crescimento micelial utilizando óleo essencial do capim-limão (*Cymbopogon citratus*). Já para Lorenzetti (2019) o extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), foi capaz de diminuir de forma significativa a ação da antracnose em frutos de banana na pós-colheita. Como também em seu trabalho, Díaz Dellavalle et al. (2011) fazendo uso do extratos de alecrim (*R. officinalis*) observou que houve uma inibição do crescimento micelial de *Alternaria* spp. O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) é uma planta pertencente à família *Labiatae*, apresenta-se como um arbusto, tem um aroma marcante, e possui ação analgésica, antifúngica e antibacteriana (GENENA, 2005). Essas plantas são amplamente disponíveis e podem ser cultivadas ou encontradas facilmente em diversas regiões.

2.4 Biofilmes

Atualmente, em busca de técnicas que não prejudique o ambiente, o ramo alimentício, muitas embalagens e filmes naturais estão sendo utilizados como forma de proteção ao alimento no momento da pós-colheita até a mesa do consumidor. Estas, por sua vez são biodegradáveis e essenciais para o momento do transporte e distribuição, promovendo a preservação do alimento, impedindo que haja contaminação por agentes físicos, químicos e microbiológicos (COSTA, 2020). Assim a utilização de amido como matéria-prima na formação de biofilmes tem alcançado larga escala na indústria

alimentícia, pois ele é encontrado em grande quantidade na natureza, é de baixo custo e biodegradável (Larotonda, 2002).

Visando conservar as características adequadas nas frutas e aumentar o tempo de vida útil dos produtos frescos, utiliza-se recobrimentos na parte superficial dos produtos. E dentre as técnicas, pode ser utilizada a que envolve películas comestíveis nos frutos, que são denominados biofilmes (ADAMS & KLEIN, 2018). Pois além de prolongar a vida de prateleira o biofilme preserva os compostos bioativos presentes nos frutos (KOHATSU et al., 2017), foi verificado também que a utilização de apenas o biofilme pode manter as características físico-químicas do fruto da ciriguela. Porém Costa et al (2017) apresentaram uma desvantagem na produção do biofilme, pois o mesmo relata que polímeros de amido são solúveis em água, quebradiços e de difícil processamento e por esta razão tem curto tempo de duração nos frutos. Em contrapartida os filmes que tem como base esses materiais, podem ser degradados naturalmente, apresentando menor impacto ambiental, baixo custo e podem ser consumidos com o produto.

De forma geral os biofilmes naturais precisam ser produzidos com matéria-prima que não ofereçam riscos à saúde dos consumidores e que venham preservar as qualidades físico-químicas destes alimentos. Os revestimentos comestíveis, como biofilmes, tornam-se a cada dia uma opção viável para a indústria de alimentos, pois reduz as embalagens biodegradáveis reduzindo custos, promovendo ganhos econômicos e ambientais (MULLER, 2017). Assim, a utilização de biofilme que ofereça um controle de doenças causada por fungos e de baixo custo torna-se relevante para diminuição de perdas pós-colheita. Os biofilmes agem como uma barreira de proteção biológica, sendo possível a conservação do fruto. Tais películas podem ser produzidas a partir de materiais comestíveis como amido, gelatina, pectina, dentre outros. Em especial o biofilme a base de fécula de mandioca, considerando atualmente como comestíveis tornou-se um aliado na diminuição das percas pós-colheita, tornando o processo de baixo custo e viável para os produtores (FRIEDRICH, 2017).

A composição física dos biofilmes apresenta-se pegajosos, confere ao fruto um aspecto brilhoso por ser transparente, com isso o fruto além de protegido, ganha maior termos de vida útil e demonstra um aspecto visual atrativo que pode ser ingerido juntamente com o fruto (KASNOWSKI et al.2010).

Testando biofilme de fécula de mandioca com polpa de acerola, Jacobs (2020) comprovou que o mesmo promoveu uma excelente proteção em peras, reduzindo sua perda de massa. Dessa maneira foi verificado que nos trabalhos estudados, a utilização de biofilme consorciado ou não há algum extrato oferece ao fruto conservação e manutenção de suas características, como também proteção contra danos causados por fungos pós- colheita.

Dessa forma, alguns biofilmes deixam evidente a aplicação dessa tecnologia sustentável que pode ser um grande aliado na conservação de alimentos e no controle de doenças pós-colheita. Observa-se que não há uma padronização na composição dos biofilmes, sendo estes com formulações diferenciadas e/ou consociadas com diversos extratos de vegetais tornando-os mais potencializados em seus resultados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes *in vitro* foram realizados no Laboratório de Microbiologia e no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia Baiano, do campus de Senhor do Bonfim. O trabalho foi desenvolvido em 2 etapas: testes laboratoriais (*in vitro* e *in vivo*). Na primeira etapa teste *in vitro*, utilizando extratos de vegetais e fécula de mandioca no preparo de meio de cultura para avaliar o crescimento micelial de fungo *Lasiodiplodia theobromae*, causado da podridão da coroa. Na segunda etapa dos estudos foi realizado o teste *in vivo* com banana da variedade “prata”, com o preparo dos biofilmes com extratos de vegetais para a aplicação nos frutos de banana, em seguida foram realizados testes físico-químicos e avaliação visual da qualidade do fruto.

3.1 PREPARO DOS MEIOS DE CULTURA

Foram pesados 15g da matéria fresca de cada material vegetal e levados para estufa para secagem na temperatura de $\pm 38^{\circ}\text{C}$ por 12h. Após esse período o material seco foi macerado, tornando-se pó. Foram adicionados 15g do extrato em pó em 1 litro de água destilada e em seguida foram levados ao agitador. Após a mistura do extrato em pó com água destilada foram acrescidos 30g de fécula de mandioca e 17g de ágar. Os meios de cultura acrescidos dos extratos (para possibilitar solidificação dos biofilmes). Para o tratamento com meio de cultura BDA, foi adicionado 18g em 1 litro de água. Estas soluções foram colocadas em Becker, autoclavadas e depositadas em placas de Petri.



Figura 1. Elaboração dos meios de cultura (biofilmes) (A) e (B)

Dessa forma, para o isolamento do fungo *Lasiodiplodia theobromae* foram retirados fragmentos do fruto da banana e estes foram depositados em placas de Petri contendo meio de cultura convencional, e incubadas por 7 dias a temperatura ambiente para assim obter amostra pura do fungo *Lasiodiplodia theobromae* a partir do fruto.

3.2 OBTENÇÃO DA CULTURA PURA DO FUNGO *Lasiodiplodia theobromae*

Para obtenção da cultura pura do fungo *Lasiodiplodia theobromae*, estas foram retirados fragmentos de frutos da banana com sintomas de doença, realizada desinfestação superficial foi realizada a repicagem onde foram depositadas em placas Petri contendo o meio de cultura BDA, em seguida incubadas por 7 dias e armazenadas em BOD a uma temperatura ambiente de $\pm 25^{\circ}$ C, para avaliação do crescimento micelial do fungo. Constatando-se a cultura pura do fungo.

3.3 INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO

O bioensaio foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 10 repetições cada, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T1- Testemunha (BDA), T2- Fécula de mandioca + ágar + extrato de alecrim, T3- Fécula de mandioca + ágar + extrato de canela, T4- Fécula de mandioca + ágar + extrato de hortelã.

Discos da cultura pura do fungo *Lasiodiplodia theobromae*, foram depositados em placas Petri contendo os meio de cultura de cada tratamento, em seguida, as placas foram armazenadas em temperatura ambiente de $\pm 25^{\circ}$ C, para avaliação diária do crescimento micelial do fungo.

3.4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DO FUNGO *Lasiodiplodia theobromae*

Foram realizadas medições a cada 24h do diâmetro da colônia do fungo com auxílio de paquímetro, seguindo dois sentidos opostos, sendo definida uma

média para cada repetição. A avaliação do crescimento micelial foi concluída quando o crescimento da colônia no tratamento testemunha (sem adição dos extratos vegetais) cobriu o diâmetro da placa completamente. A velocidade média de crescimento micelial do fungo foi verificada através da fórmula adaptada de Lilly & Barnett (1951).

$$vm = ct2 - ct1 \quad T$$

Onde: Vm = velocidade média de crescimento;

Ct1= crescimento no primeiro intervalo de tempo;

Ct2 = crescimento no segundo intervalo de tempo;

T = intervalo de tempo considerado.

Os dados obtidos foram submetidos a ANAVA, e as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Sisvar.

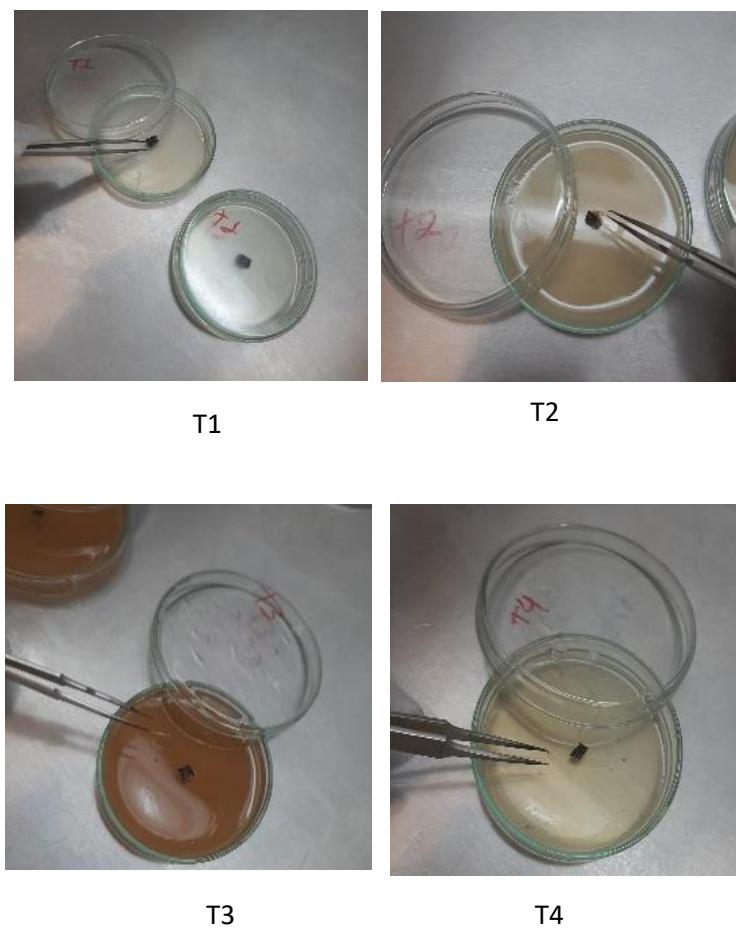


Figura 2- Fragmentos dos isolados depositados em placas petri com seus respectivos tratamentos.

3.5 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CULTURAIS DOS ISOLADOS DE *Lasiodiplodia theobromae*

A avaliação das características culturais (coloração das hifas) ocorreu aos 7 dias após cultivo em meio de cultura. Foi verificada o aspecto visual, assim realizando comparações entre colônias levando em consideração a coloração predominante (LIMA, 2013). As cores foram determinadas da seguinte maneira: Branco acinzentado (BCZ), Cinza claro (CZC), Cinza escuro (CZE) e preto (PR) (LIMA et al., 2013).

3.6 PREPARO DOS BIOFILMES E O TESTE *in vivo*

Para a formulação dos biofilmes foi utilizado o método “Casting” com modificações. Os frutos utilizados para realização do experimento foram adquiridos de um produtor da região na comunidade denominada “Grota”, que comercializa banana prata na feira livre do município. Os tratamentos foram constituídos por: T1- testemunha, T2- Fécula de mandioca + extrato de alecrim, T3- Fécula de mandioca + extrato de canela, T4- Fécula de mandioca + extrato de hortelã. Para o preparo dos biofilmes, foi utilizada da fécula de mandioca, pesada na proporção de 30 g, 15g dos extratos vegetais (para cada tratamento) (pó) diluídos em 1 litro de água destilada. As soluções foram aquecidas em banho-maria em temperatura máxima de 70 °C por 20 minutos sob agitação constante (figura 4 e 5).



Figura 4 e 5- Preparo dos biofilmes.

Em seguida, as soluções foram autoclavadas a 120º C, para eliminação de possíveis contaminantes durante seu processo de preparo e deixadas em repouso até atingirem temperatura de 35-ºC. Após higienização, os frutos foram imersos nas soluções filmogênicas durante 1 minuto (Figura 6 e 7), e em seguida, dispostos em bandejas laminada à temperatura ambiente para secagem. As análises foram realizadas a cada 48h, por 12 dias. Ao final dos 12 dias foram realizados os testes físico-químicos do fruto como pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), avaliado aspecto visual, relação da acidez titulável (AT)/sólidos solúveis (SS). Os resultados observados para cada variável foram submetidos à análise estatísticas utilizando o programa SISVAR pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 6 e 7- Imersão do fruto na solução filmogênica / Exposição ao ambiente em bandejas laminadas.

3.7 DETERMINAÇÃO DO pH

Para a determinação do pH foram preparadas amostras, contendo 5g de polpa de frutos da repetição para 50 mL de água destilada. Foi feita uma mistura homogênea de cada repetição e em seguida avaliado pH da suspensão utilizando phmetro de bancada, da marca Mettler Toledo (Figura 8).



Figura 8- Determinação do pH.

3.7 SÓLIDOS SOLÚVEIS TITULÁVEL (SS)

Para a determinação dos sólidos solúveis (SS), foram retirados 1g de cada repetição, esta amostra foi depositada no refratômetro (^ºBRIX) digital Tecnal Reichert ar200 (Figura 9). De cada repetição o resultado foram expressos em grau brix, segundo a escala de Adolf F. Brix (1798 - 1870). Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos.



Figura 8- Determinação do Sólidos Solúveis.

3.8 ACIDEZ TITULÁVEL (AT)

Para a determinação da acidez titulável (AT) foram utilizadas 1g de cada repetição diluídas em 50 mL de água destilável em erlenmeyer, foram acrescidas a estas amostras a solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, de acordo

como Instituto Adolfo Lutz (1985) no titulador (Figura 9). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico. Para o cálculo utilizou-se a equação a seguir:

$$\frac{v * f * 10}{P}$$

Onde:

V = n° de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL;



Figura 9- Determinação da Acidez titulável.

3.9 RELAÇÃO SOLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULAVEL (SS)/(AT)

Para determinar a relação entre o teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foi realizado uma operação entre dos resultados obtidos de teor de sólidos solúveis e de acidez titulável. Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias. O cálculo para obtenção dessa relação é expresso por meio da fórmula matemática:

$$R = \frac{SS}{AT}$$

Onde:

R- Ratio (valor encontrado na divisão de SS/AT)

SS- Valor de sólidos solúveis

AT- Valor da acidez total titulável

Essa razão fornece uma medida da relação do conteúdo de açúcares solúveis em relação à acidez presente na fruta. Valores mais altos indicam uma proporção maior de açúcares solúveis em relação à acidez, o que é comumente associado a um sabor mais doce na fruta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 BIOFILMES E O CRESCIMENTO MICELIAL EM TESTE *IN VITRO*

Verificou-se redução do crescimento micelial do fungo *L. theobromae* cultivado no meio de cultura contendo extrato de canela representando X% em relação ao tratamento testemunha (sem extrato no meio) (Tabela 1). Algumas literaturas afirmam que os meios de cultura acrescidos com extratos de espécies de vegetais inibiu o crescimento de diversos fungos patógenos. Estudo realizado por Soardi et, al. (2018) que óleo essencial de canela inibiu o crescimento micelial de *L.theobromae* corroborando com resultados observados neste estudo. A ação inibitória do extrato de canela pode ser avaliada no trabalho realizado por Cabral et al. (2023) sobre o fungo *Phytophthora palmivora*, presente no fruto do mamão. A ação do extrato de canela na inibição do crescimento micelial de fungos pode ser atribuída a presença do princípio ativo eugenol. No trabalho conduzido por Venturoso et al. (2011) também foram observados resultados semelhantes com extratos de canela, com inibição significativa no crescimento de fungos patógenos como *L. theobromae*. A canela tem sido estudada por suas propriedades antifúngicas devido à presença de compostos bioativos, que demonstram atividade contra diversos fungos patogênicos.

Tabela 1. Crescimento micelial de *Lasiodiplodia theobromae* em diferentes meios de cultura

| Tratamento | Velocidade média do crescimento micelial | |
|-----------------------|--|--|
| | Meio de cultura | |
| 01 – Testemunha (BDA) | 0.66 b | |
| 02- Fécula +Alecrim | 0.91 b | |
| 03 - Fécula+ Canela | 0,16 a | |
| 04- Fécula+ Hortelã | 1,27 c | |

CV= 18,18 %

Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao crescimento micelial do fungo cultivados em meio de cultura acrescido dos extratos de alecrim e hortelã, não foi observado diferença

significativa em comparação ao tratamento testemunha (sem extratos no meio). Alguns estudos demonstraram efeito inibitório do extrato de hortelã no crescimento micelial de fungos fitopatogênicos, o que subsidiou a escolha de extratos desta planta no presente trabalho. Venturoso et al. (2011) constataram efeito inibitório moderado do extrato de hortelã no crescimento micelial do fungo *Aspergillus* sp, Contudo, avaliando o óleo essencial de hortelã, Correia (2019) verificou inibição total do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum* spp. Estudos futuros avaliando extratos de hortelã (diferentes doses acrescidas ao meio de cultura, diferentes meios de cultura etc) podem fornecer informações de grande relevância sobre as propriedades antifúngicas extratos de vegetais e sua capacidade de controle de doenças em frutas provenientes de fungos patógenos.

Experimento realizado por Lorenzetti (2019), o autor observou que o extrato de alecrim promoveu redução do crescimento micelial do fungo *Lasiodiplodia theobromae*. Lima (2010) verificou inibição do crescimento de *L. theobromae* em teste realizados *in vitro* utilizando o extrato de alecrim em relação aos demais extratos estudados como o da canela e hortelã. Fontes de energia provenientes dos meios de cultura desempenham um papel fundamental no crescimento micelial de organismos como fungos. Diferentes fontes de carbono, como açúcares, amidos e outros compostos orgânicos, podem ser usadas pelos fungos como fonte de energia para o seu crescimento.

4.2 INFLUÊNCIA DOS MEIOS DE CULTURA SOBRE A COLORAÇÃO DOS ISOLADOS DE *L. theobromae*

As características morfológicas das colônias do fungo, apresentaram variações entre os diferentes tratamentos. Observa-se na Figura 7, diferenças na coloração do micélio entre os diferentes meios de cultura de acordo com o extrato testado variando de branco acinzentado a cinza escuro. A composição do meio de cultura e fatores ambientais podem influenciar no crescimento fúngico e características morfológicas das colônias (Venturoso, 2011). De forma geral as colônias dos isolados apresentaram bom desempenho no crescimento micelial, com exceção do tratamento 3 (Fécula de mandioca + ágar + extrato de

canela), no qual houve uma inibição deste crescimento, consequentemente não apresentou coloração.

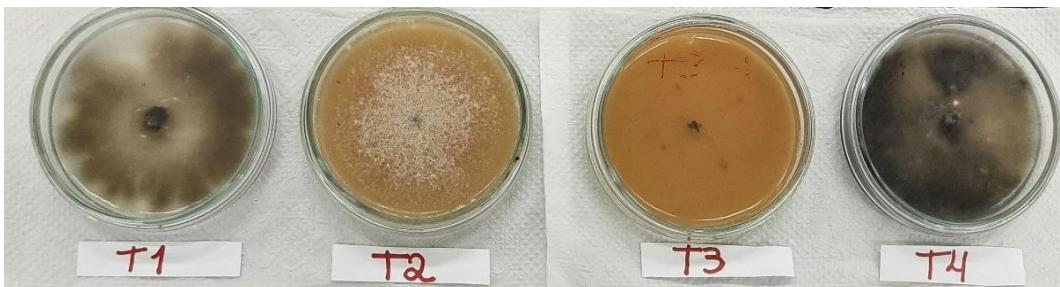


Figura 10: Coloração do isolado de *L. theobromae* em diferentes meios de cultura

Os demais iniciaram com coloração branca no período de 24h, em seguida apresentando colorações variadas, como branco acinzentado, cinza claro, cinza escuro conforme tabela 2.

Para o meio de cultura do tratamento 2 (fécula de mandioca + alecrim) a coloração predominante foi o BCZ (branco acinzentado). No que concerne ao meio de cultura do tratamento 4 (fécula + hortelã) houve variações em todos os isolados, apresentando como cor predominante a CZE (cinza escuro), esses dados corroboram com Lima (2011) que ao fazer teste com isolados de frutíferas tropicais em diferentes meios de cultura obteve essa coloração predominante. O meio de cultura do tratamento 1 (testemunha) apresentaram isolados com coloração CZC (cinza claro), assim como Pereira *et al* (2006), encontrou em seu trabalho com isolados de *L. theobromae*.

Diante disso esses resultados mostram que não há características diferentes e patogênica para o fungo *L. theobromae*, ocorrendo variações morfológicas entre isolados provenientes do mesmo hospedeiro a depender da adequação ao meio de cultura.

Tabela 2. Características dos 21 isolados de *Lasiodiplodia theobromae* em relação à coloração da colônia.

| REPETIÇÕES | T1 | T2 | T3 | T4 |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| 01 | CZC | BRZ | CZC | CZE |
| 02 | CZC | BRZ | CZC | CZE |
| 03 | CZC | BRZ | CZC | CZE |
| 04 | CZC | BRZ | CZC | CZE |
| 05 | BRZ | BRZ | BRZ | BRZ |
| 06 | BRZ | BRZ | CZC | CZC |
| 07 | BRZ | BRZ | BRZ | BRZ |
| 08 | BRZ | BRZ | CZC | CZC |
| 09 | --- | --- | --- | --- |
| 10 | CZC | BRZ | CZC | CZE |

*BR (Branco acinzentado); CZC (cinza claro); CZE (cinza escuro); PR (preto)

4.3 DETERMINAÇÃO DO pH

O pH da banana “Prata” madura geralmente varia entre 4,5 e 5,5. No entanto, estes valores podem variar ligeiramente dependendo do estágio de amadurecimento da fruta e das condições de cultivo. O pH dos frutos não apresentou diferenças significativas, após 12 dias de experimento, onde os valores observados, variaram entre 3,93 (frutos com biofilme de alecrim) e 4,41 (frutos com biofilme de canela). Almeida (2017) trabalhando com biofilmes, dois biofilmes um a base de fécula de mandioca e um a base amido de milho e sem adição de extratos de vegetais em banana da variedade “Maçã” encontrou valores de pH >5,0. A medida que o fruto amadurece, ocorre declínio do pH, devido ao acúmulo de açúcares e ácidos orgânicos (Nascimento et al. 2008). Na banana, o ácido málico é um dos principais ácidos orgânicos presente nos frutos e responsável pela produção do açúcar e diminuição do pH (Nascimento et al. 2008).

Durante o processo de amadurecimento, os açúcares solúveis, como a sacarose, são convertidos em ácidos orgânicos, incluindo o ácido málico. Esse acúmulo de ácido málico possivelmente, contribui para a diminuição do pH da banana madura.

Tabela 3. Valores médios de pH do frutos após 12 dias de aplicação do biofilme contendo extratos vegetais.

| Tratamento | Médias |
|---------------------|-------------|
| T1 – Testemunha | 4.278000 ab |
| T2- Fécula +Alecrim | 3.937000 a |
| T3 - Fécula+ Canela | 4.413000 b |
| T4- Fécula+ Hortelã | 3.976000 ab |

CV= 9.23 %

Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Nos tratamentos T2 e T4, o pH apresentou valores <4,0, essa redução do pH pode estar associada ao período de 12 dias do experimento que possibilitou um grau elevado de amadurecimento dos frutos, pois ocasiona alta concentração de açúcar (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2008). Matsura et al. (2001) afirmam que quando há um grande teor de açúcar com os ácidos orgânicos consequentemente ocorre o aumento do ácido málico, causando diminuição do pH, o que corrobora com os resultados dos tratamentos.

4.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS TITULÁVEL (SS)

Não houve diferença significativa entre no teor de sólidos solúveis dos frutos com a aplicação dos biofilmes contendo os extratos vegetais (Tabela 4). Contudo, estes resultados estão dentro da faixa adequada de variação que é de 25 °Brix. As concentrações de sólidos solúveis totais aumentam à medida que o fruto atinge maturação em virtude da degradação do amido. A medida que o fruto amadurece, as enzimas amilases começam a “quebrar” moléculas de amido, transformando-as em açúcares solúveis, como glicose e frutose. Esses açúcares são mais solúveis em água e contribuem para o aumento do teor de sólidos solúveis totais na fruta.

Tabela 4. Teor de Sólidos Solúveis °Brix do frutos após 12 dias de aplicação do biofilme contendo extratos vegetais

| Tratamento | Médias |
|---------------------|--------|
| T1 – Testemunha | 21.5 a |
| T2- Fécula +Alecrim | 20.5 a |
| T3 - Fécula+ Canela | 19.0 a |
| T4- Fécula+ Hortelã | 19.4 a |

CV= 12,05 %

Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

A determinação do teor de sólidos solúveis é um parâmetro importante na avaliação da qualidade e maturação da fruta, pois está diretamente relacionado ao sabor e ao grau de docura. Valores dentro da faixa adequada indicam que as frutas estão em um estágio adequado de amadurecimento e podem ser consideradas apropriadas para consumo (FREITAS, 2019). Isso indica que as amostras analisadas apresentaram uma quantidade semelhante de açúcares solúveis e estão em um estágio de maturação apropriado.

4.5 ACIDEZ TOTAL

A acidez dos frutos de banana variou durante o processo de amadurecimento da fruta. Inicialmente, quando a banana está verde, apresenta acidez elevada devido à presença de ácidos orgânicos, como o ácido málico. Conforme o fruto amadurece, esses ácidos vão sendo convertidos em açúcares, resultando em diminuição da acidez. De acordo com os resultados (Tabela 5) os frutos com biofilme de alecrim não diferiram significativamente dos frutos tratados com biofilme de hortelã com relação à acidez titulável. Ambos os tratamentos foram superiores ao tratamento testemunha, onde os frutos apresentam acidez titulável de 0,8.

De acordo com Assis e Brito (2014), biofilmes e revestimentos comestíveis possuem a capacidade de retardar o amadurecimento podendo estar ligado diretamente a manutenção da acidez elevada no tratamento 2, 3 e 4, conforme é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Acidez Titulável (AT) do frutos após 12 dias de aplicação do biofilme contendo extratos vegetais

| Tratamento | Médias |
|---------------------|--------|
| T1- Testemunha | 0.8 a |
| T2- Fécula +Alecrim | 2.9 c |
| T3- Fécula+ Canela | 1.3 ab |
| T4- Fécula+ Hortelã | 2.2 bc |
| CV= 45,50 % | |

Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos 2 e 4, apresentaram elevado teor de acidez titulável, possivelmente devido à alta concentração de ácido cítrico como afirma Pigozzi et al. (2020).

4.6 RELAÇÃO SOLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULAVEL (SS)/(AT)

A relação SS/AT (sólidos solúveis totais/acidez titulável) é uma medida utilizada para avaliar o equilíbrio entre açúcares e acidez em frutas. Essa relação é calculada dividindo o teor de sólidos solúveis totais (SS) pelo valor da acidez titulável (AT) da fruta. A relação SS/AT fornece uma indicação da proporção de açúcares solúveis em relação à acidez presente na fruta. Valores mais altos da relação geralmente indicam uma fruta mais doce em comparação com os valores mais baixos.

Tabela 6. Relação Sólidos solúveis (SS) e Acidez Titulável (AT)

| Tratamento | Médias |
|---------------------|--------|
| T1- Testemunha | 26,8 a |
| T2- Fécula +Alecrim | 7,02 b |
| T3- Fécula+ Canela | 14,6 a |
| T4- Fécula+ Hortelã | 8,8 b |

Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos valores obtidos da relação de (SS/AT) observa-se os resultados dos tratamento 1 e 3 se aproximaram dos valores relatados por Pimentel et al. (2010) para banana Prata Anã em estado avançado de maturação, no qual a média foi mais elevada (TABELA 6). Entretanto nos tratamentos 2 e 4 tiveram resultados aproximados, isso se dá pelo fator dos sólidos solúveis destes tratamentos estarem com valores abaixo dos demais tratamentos 1 e 3. As amostras de banana analisadas já apresentavam uma alta concentração de sólidos solúveis totais desde o início, sugerindo então que o teor de sólidos solúveis (expresso em graus Brix) foi o principal responsável pelos valores elevados da relação SS/AT no T1 e T3. Diferentemente do T2 e T4 que seu °brix estava abaixo, porém sua acidez titulável estava elevada, conferindo então valores menores na relação SS/AT.

5. CONCLUSÃO

Constatou-se que formulados a base de fécula de mandioca com extratos de vegetais podem ser utilizados na elaboração de biofilmes sustentáveis que não agredem o meio ambiente e promovem ação eficaz no controle de fungos. Que por meio destes vegetais pode-se produzir meios de cultura que proporcione controle de fungos que acometem frutos pós-colheita. A adição de extratos de vegetais aos biofilmes pode trazer benefícios adicionais, como propriedades antimicrobianas. De acordo com a afirmação, esses biofilmes com extratos de vegetais têm demonstrado ação eficaz no controle de fungos. Isso é importante no contexto de frutos pós-colheita, onde os fungos podem causar deterioração e perdas significativas.

A utilização de formulados à base de fécula de mandioca com extratos de vegetais na produção de biofilmes sustentáveis e meios de cultura é uma estratégia promissora para o controle de fungos que afetam frutos pós-colheita. No entanto, é necessário continuar a pesquisa nessa área para entender completamente os benefícios e as limitações dessa abordagem.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Carla Taisa de Araújo et al. Desenvolvimento de biofilme comestível enriquecido com própolis vermelha aplicado no revestimento de acerola (*Malpighia emarginata*). 2019.
- ADAMS, Cristiane Rosa; KLEIN, Claudia. **Uso de biofilmes na conservação pós-colheita de lima-da-pérsia** (*Citrus limettioides* Tanaka). Unoesc & Ciência-ACET, v. 9, n. 1, p. 85-92, 2018.
- AGUIAR, Valéria do Nascimento. Influência da temperatura e do período de molhamento na expressão da podridão da coroa causada por *Fusarium*, em bananas na pós-colheita. 2019. 42 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ALMEIDA, Crislene Barbosa de et al. **Características estruturais e funcionais de biofilmes produzidos com zeína e óleos vegetais comestíveis**. 2010.
- Almeida, E. N.; Moura, G. S.; Franzener, G. (2017). **Potenciais alternativas com extratos vegetais no controle da pinta preta do tomateiro**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, 12, 687-694.
- ALMEIDA, Jander Pereira. **Uso de Biofilmes e filme de PVC na conservação pós-colheira de banana maçã**. 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz. 2018.
- ARAÚJO, Amanda Cristina de; TOLEDO, Eliane Divina; OLIVEIRA, Soares William Rosa de. **Produtos alternativos no controle de *Colletotrichum spp.* isolados de manga e banana**. Científic@-Multidisciplinary Journal, v. 5, n. 3, p. 104-112, 2018.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. **Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.
- BARBOSA, Andréia Cristina da Silva. **Riqueza que mexe com os sentidos: feira livre de Senhor do Bonfim**.
- BORGES, A. L. et al. Cultivo da bananeira irrigada no Submédio São Francisco. 2014.
- BRITO, Isane Carine Guirra de; NETO, Acácio Figueiredo; FARIA, Max Santana Rolemburg. **Custo de produção e desempenho econômico da banana pacovan no perímetro de irrigação de Ponto Novo–BA**. CEP, v. 56304, p. 917.

CABRAL, Jéssica Maria Miranda; CORRÊA, Josiane Ferreira; PONTE, Nara Helena Tavares da. **O uso de extratos de plantas no controle in vivo e in vitro de phytophthora palmivora coletada de fruto do mamoeiro.** Créditos das Imagens da capa, 2023.

CAMERA, Juliane Nicolodi et al. **Atividade antifúngica de extratos aquosos de plantas medicinais no crescimento micelial de Fusarium graminearum.** Multitemas, p. 141-152, 2018.

CAZÓN, Patricia et al. **Polysaccharide-based films and coatings for food packaging:** A review. Food Hydrocolloids, v. 68, p. 136-148, 2017.

CHIODI, R. E.; ALMEIDA, G. F. de; ASSIS, L. H. B. de. **O Mercado Convencional da Banana:** sujeição da agricultura familiar no Vale do Ribeira-SP. Desenvolvimento em Questão, [S. I.], v. 18, n. 50, p. 146–165, 2020. DOI: 10.21527/2237-6453.2020.50.146-165. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentodemquestao/article/view/9275>. Acesso em: 19 jul. 2021.

CHITARA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manejo. 2. ed. Lavras. 785 p. Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2005.

CORREIA, Valdir Ribeiro; SANTOS, Souza Cleidinea. **Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle in vitro DE Colletotrichum sp Isolado de frutos de banana.** in: 10ª jice-jornada de iniciação científica e extensão. 2019.

COSTA, Djeson Mateus Alves da; DE OLIVEIRA, Raniely Alves. **Queratina de penas de frangos nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 15, n. 1, p. 57-61, 2020.

COSTA, D. M. A.; et al. **Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macáçar** (*Vigna unguiculata* (L.) Wap). Holos, v. 07, p. 2-16, 2017. 10.15628/holos.2017.6318.

DIAS, Fabiana Miranda et al. **Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o crescimento micelial de Lasiodiplodia theobromae "in vitro".** Cadernos de Agroecologia, v. 11, n. 2, 2016.

DÍAZ Pellavalle P; e et al. **Antifungal activity of medicinal plant extracts against phytopathogenic fungus Alternaria spp.** Chilean Journal of Agricultural Research, v.71, p.231-239, 2011.

DOMINGUES, S. C. de O.; et al. Antifungal activity of plant extracts in

FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J.E. **Doenças das Anonáceas**. In: FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J.E.; VIANA, F.M.P. (Ed.). Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial. Brasília:Embrapa Informações Tecnológicas, 2003.

FREITAS, Jayny Myrelle Chagas de. **Derivados solúveis de polissacarídeos com nanocompostos retarda o amadurecimento de banana ‘maçã’orgânica armazenada em condições ambiente?**. 2019.

Freitas, L.G. (2008). **Controle alternativo de nematoides**. In: Congresso brasileiro de fitopatologia, Tropical Plant Pathology. Brasília, Brasil

FRIEDRICH, Jussara Carla Conti et al. **Biofilmes a base de amido, gelatina e extrato de Tetradenia riparia na conservação de morango**. 2017.

GENENA, Aziza Kamal et al. **Extração e caracterização do extrato de alecrim (Rosmarinus officinalis L.): estudo de sua ação antioxidante**. 2005.

IBGE. Banco de Dados Agregados-Sistema IBGE de recuperação Automática (SIDRA). Disponível em:< www.sidra.ibge.gov.br. 2018>. Acesso em: 06 jul. 2019.

JACOBS, Vanessa et al. **Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola**. Revista Iberoamericana de Polímeros, v. 21, n. 3, p. 107-119, 2020.

JANTASORN, A., MOUNGSRIMUANGDEE, B. AND DETHOUP, T. In vitro antifungal activity evaluation of five plant extracts against five plant pathogenic fungi causing rice and economic crop diseases. Journal of Biopesticides, v.9, n.1, p.1-7, 2016

JUNQUEIRA, N.T.V. ; JUNQUEIRA, K.P. **Principais doenças de anonáceas no Brasil: Descrição e controle**. In: V Congresso internacional & encontro brasileiro sobre Annonaceae: do gene à exportação. v. 36, p. 55-64, 2014.

KOHATSU, DOUGLAS SEIJUM et al. **Aplicação de biofilme em frutos de ciriguela: efeito na conservação e no potencial antioxidante**. Boletim do Centro de

LAROTONDA, Fábio Donato Soares et al. **Desenvolvimento de biofilmes a partir da fécula de mandioca**. 2002. Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 34, n. 2, 2017.

LEITE FILHO, Manoel Tolentino et al. **Comportamento cinético do fermentado alcoólico de banana prata, musa ssp, frente a diferentes parâmetros**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 4, p. 31, 2015.

LIMA, J.S et al. **Caracterização cultural, morfológica e patogênica de Lasiodiplodia theobromae associado a frutíferas tropicais.** Summa Phytopathologica, v.39, n.2, p.81-88, 2013.

LIMA, J. S. et al. **Ação fungitóxica de extratos vegetais de plantas da caatinga sobre o crescimento micelial de Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl.** Vitis vinifera, p. 23-26, 2010.

LORENZETTI, Eloisa et al. **Formulado de alecrim no controle de antracnose e conservação em pós-colheita de banana nanicão.** Multi-Science Journal (ISSN 2359-6902), v. 2, n. 2, p. 16-19, 2019.

MATSURA, F. C. A. U.; SILVEIRA, M. I. Da. Banana: Pós-Colheita. Brasília: **Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia**, 2001. 71p. (Frutas do Brasil, 16)

MORO, Karine Ines Bolson et al. **DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE FRUTAS A BASE DE POLPA DE BANANA (Musa sp.) E DE SUCO DE ABACAXI (Ananas comusus (L) MERRIL).** 2016.

MÜLLER, Priscila Schultz. Desenvolvimento de embalagem ativa biodegradável de amido de pinhão e de mandioca com antioxidantes e antimicrobianos naturais para conservação de manteiga orgânica. 2017.

NASCIMENTO Junior, B. B. et al. **Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento:** características físico-químicas e compostos voláteis. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, n. 3, set. 2008

PENARIOL, Mara Cristina. **Requisitos nutricionais e reprodução massal de Bipolaris euphorbiae.** 2006. ix, 49 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006.

PIGOZZI, M. T. et al. Qualidade pós-colheita de banana revestida com álcool polivinílico e amido. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 74637-74648, 2020.

PIMENTEL, R. M. A. et al. **Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no Norte de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, n. 2, p. 407-413, 2010.

SANTOS NETO, J.; et al. **Subprodutos de capim-limão no controle de septoriose do tomateiro em sistema de produção orgânica.** Revista Brasileira de Agroecologia. v.11, n.1, p.35-44, 2016.

SANTOS, W. W. V.; et al. **Efeito de diferentes métodos de maturação sobre a qualidade da banana prata.** Diversitas Journal, v. 4, n. 3, p. 1092-1104, 3 out. 2019.

SCHWAN.ESTRADA, K.R; et al. **Extratos de cogumelos no controle de doenças de plantas.** Acesso em: 08 de Junho, em http://portalpos.unioeste.br/media/File/energia_agricultura/Extratos_de_cogumelos_controle_de_doen%C3%A7as.pdf

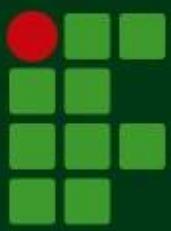
SILVA, Élida Ramalho da et al. **Efeito do uso de revestimento na conservação pós-colheita de Banana musa paradisiaca L.(Banana prata).** 2017.

SILVA CAMPELO, Maria Eliene et al. **Caracterização e aceitação sensorial de banana prata (musa paradisiaca) produzida em sistemas orgânico e convencional.** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, 2020.

SOARDI, KARINA et al. Controle de Podridão Pós-Colheita com o Uso de Óleo Essencial de Canela. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 975-984, 2018

SOUZA, S. G. DE; ALENCAR, G. S. DA S.; ALENCAR, F. H. H. DE. **Análise socioambiental da produção de banana no município de cariús (ce)**, Brasil. Ciência e Sustentabilidade, v. 3, n. 2, p. 119-144, 29 dez. 2017.

VENTUROSO, L. dos R. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 18-23, 2011



**INSTITUTO
FEDERAL**
Baiano

Campus
Serrinha