INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA
*CAMPUS* PLANALTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

JOSEMAR GONÇALVES DE OLIVEIRA FILHO

# EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL E ATIVA COM FUNÇÃO ANTIMICROBIANA PARA APLICAÇÃO NO PÓS-COLHEITA DE BANANA

Planaltina-DF
2015

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

*CAMPUS* PLANALTINA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

# EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL E ATIVA COM FUNÇÃO ANTIMICROBIANA PARA APLICAÇÃO NO PÓS-COLHEITA DE BANANA

**JOSEMAR GONÇALVES DE OLIVEIRA FILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - *Campus* Planaltina, como parte das exigências à obtenção do grau de Tecnólogo em Agroecologia.

ORIENTADORA: Prof.ª MSc. Heloisa Alves de Sousa Falcão
CO-ORIENTADORA: Prof.ª Dr.ª Edilsa Rosa da Silva

60f.

Planaltina -DF

2015

*A vossa tristeza qualquer dia se transformará em alegria! (Pe. Airton Freire)*

*Dedico este trabalho à Deus, aos meus familiares e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Considero a elaboração de um TCC um produto coletivo embora sua redação, responsabilidade e estresse sejam predominantemente individuais. Várias pessoas contribuíram para que este trabalho chegasse ao bom termo.

A todas elas registro minha gratidão. Hoje eu sei que a aprendizagem é muito importante... e aprender o que ainda não sei é uma tarefa árdua e incessante. Ah! E como existem coisas a serem aprendidas! E por isso serei sempre aprendiz. Eu creio que esta parte de agradecimentos é uma tarefa difícil, pois muitas vezes cometemos injustiças e por esquecimento não mencionamos nomes de pessoas que também contribuíram para o trabalho. Nada na vida conquistamos sozinhos. Sempre precisamos de outras pessoas para alcançar os nossos objetivos. Muitas vezes um simples gesto pode mudar a nossa vida e contribuir para o nosso sucesso.

Meus agradecimentos à minha orientadora, professora MSc. Heloísa Alves de Sousa Falcão, que sempre demonstrou acreditar no meu potencial, pelas oportunidades oferecidas e principalmente pelo convívio nestes três anos e meio de trabalho. Parceria e acima de tudo... uma amizade verdadeira, leal e duradoura.

À minha co-orientadora, professora Drª Edilsa Rosa da Silva, pela confiança e oportunidades concedidas, viabilizando o meu primeiro contato com o mundo da pesquisa, sendo minha primeira orientadora de iniciação científica PIBIC-EM e PIBITI. Muito obrigado pelo seu amor e perfeição ao ensinar e sempre com uma simplicidade digna dos grandes educadores, obrigado pela transmissão de conhecimento e dedicação.

Ao Marley Garcia Silva, que gentilmente aceitou o convite para ser banca do meu TCC. Obrigado pela ajuda na extração do óleo essencial no Laboratório de Farmacognosia do Departamento de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

Ao Prof Dirceu Macagnam, que me recebeu no laboratório sempre de bom humor me orientando e auxiliando durante as análises microbiológicas, respondendo todas as minhas indagações, por ser muitas vezes possuidor da bola de cristal e me entender quando a confusão tomava conta das minhas palavras, ter a ajuda de um profissional desse gabarito foi um grande privilégio.

Aos meus amigos e companheiros de faculdade: Manoel Gleizer, Stéphanie Ingrid, Andréia, Elsio Moriani, Arolda, Camila Xisto, Terezinha, Eliete, Lais, Kayque, Jovino, Gustavo, Mhainara, Ítalo (Goiano), Amanda, Elionaibe, Juliana e Tereza. Agradeço a todos pelas contribuições diretas ou indiretas de cada um, além de, proporcionarem a mim belas e boas risadas, quando tudo parecia cinza, com suas companhias contagiantes e alegres.

Agradeço a todos os alunos do Curso técnico em Agroindústria, aos estagiários: Walisson, Naicon, Myllena, Kaio, Tiago e Wiliam, à professora Geiza e os meus colegas de turma: Manoel, Terezinha, Andréia e Arouda. Muito obrigado pelo auxílio na execução do experimento.

Às Técnicas da Agroindústria: Rosenaide, Ivanete e Cristina, meus sinceros agradecimentos, pelo apoio, companheirismo, afinal, foram 3 anos e meio de muita amizade.

Agradeço de coração a todas àquelas pessoas que acreditaram e sempre me motivaram e apoiaram, a toda a minha família aos meus amigos da EESA, em especial a Flávia, Mikaela, Darlan, Leonardo Palheta, Priscila, Yndara, Kamila, Michele, Jaque, Nayara, Thalita, Kaio, Tiago, Gustavo, Lucas Santos, Paulo Júnior, Willian, Cadu, Dani, Victor Miranda, Fernando Fernandes, Matheus, Lucas Reis e Marlon. Muito Obrigado!

**Meus sinceros agradecimentos.**

## RESUMO

OLIVEIRA FILHO, Josemar Gonçalves. (2015). **Embalagem biodegradável e ativa com função antimicrobiana para aplicação no pós-colheita de banana.** Monografia apresentada ao Instituto Federal de Brasília – *Campus* Planaltina, como parte dos requisitos para a graduação em Tecnólogo em Agroecologia.

As embalagens exercem papel importante na conservação de alimentos. No entanto, para estender a vida de prateleira dos produtos alimentícios e atender à demanda dos consumidores por produtos seguros, saudáveis e com menos conservantes são necessárias novas tecnologias na área. Desta forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar uma embalagem biodegradável e ativa com função antimicrobiana devido à incorporação de óleo essencial extraído do cravo-da-índia, com aplicação no pós-colheita de bananas. O biofilme foi desenvolvido por dissolução em água destilada da fécula de mandioca 4% do agente plastificante glicerol (10% de plastificante/100g de amido) com a incorporação de 0,8 ml do óleo essencial cravo-da-índia. A atividade antimicrobiana do óleo essencial e da solução foi avaliada contra o fungo filamentoso *Colletotrichum sp.*, através da técnica de difusão em disco. O biofilme foi aplicado em quatro variedades de bananas. As variedades foram analisadas quanto as características físico-quimicas. Pelos resultados observou-se a formação de um filme contínuo, sem fraturas, transparente e incolor. Com relação a função antimicrobiana tanto os resultados para o óleo quanto para o biofilme produzido observou-se a formação de halo de inibição. Os resultados da aplicação no pós colheita de bananas indicaram melhoria nas características como aparência e brilho e nas análises físico-químicas não houve diferença significativa entre os frutos com revestimento e os frutos controle com relação ao teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e perda de massa. Com relação à maturação e vida útil, os frutos revestidos tiveram um aumento de três a quatro dias de vida útil, quando comparados com os frutos controle. Assim, a embalagem produzida apresenta-se como alternativa eficiente e viável para produtores e consumidores.



**Palavras-chave**: Biofilme, Cravo-da-índia, Tecnologia de Alimentos.

## ABSTRACT

**OLIVEIRA FILHO, Josemar Gonçalves. (2015).** Biodegradable and active packaging with antimicrobial function for food. Paper presented at the Instituto Federal de Brasília – *Campus* Planaltina as part of the requirements for graduation in Technologist in Agroecology

The Packaging play an important role in food preservation. However, to extend the durability of food products and meet consumer demand for safe, healthy and less preservatives are needed new technologies in this area. Thus, the study aimed to develop and characterize a biodegradable and active packaging with antimicrobial function due to the essential oil extracted from the incorporation clove India, applying post-harvest bananas. The biofilm was developed by dissolution in distilled water tapioca starch 4%glycerol plasticizer agent (10% plasticizer / 100g starch) with the addition of 0.8 mg / ml of clove essential oil -from India. The antimicrobial activity of the essential oil and the solution was evaluated against the filamentous fungus *Colletotrichum* sp., By disk diffusion technique. The biofilm was applied in four varieties of bananas. The varieties were analyzed for physico-chemical characteristics. From the results it was observed the formation of a continuous film without fractures, transparent and colorless. With respect to antimicrobial function of both the results for the oil produced as for the biofilm was observed the formation of inhibition zone. The results of applying post harvest bananas indicated improvement in characteristics such as appearance and gloss and the physicochemical there was no significant difference between the coated fruit and fruit control with respect to the total soluble solids content, titratable acidity and weight loss. The maturation and durability, the coated fruit had an increase of three to four days of life when compared with control fruits. Thus, the packaging produced presents itself as efficient and viable alternative to both producers and consumers.



**Index terms**: Biofilm, clove, Food Technology.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Fórmula estrutural do eugenol. ..... 22
**Figura 2:** Solução Filmogênica. . ..... 27
**Figura 3:** Filme obtido da desidratação da solução filmogênica ..... 28
**Figura 4:** *Colletotrichum sp.* crescido em meio BDA ..... 29
**Figura 5:** Normas da classificação de cor do fruto da bananeira. Fonte: normas de classificação de banana. ..... 33
**Figura 6:** A Halos de inibição das diluições 1=50% ,2=25% ,3= 12,5% e C= controle. B Halos de inibição das amostras 1=50%, 2= 25% ,3=12,5% ,4= 6,25% ,5=3,12,5%. C Halo de inibição da Concentração 100%. ..... 36
**Figura 7:** A Crescimento de *Colletotrichum sp* em torno dos discos do biofilme. B Crescimento de *Saccharomyces boulardii* sobre os discos do biofilme. ..... 38
**Figura 8:** A Frutos de banana conquista com revestimento à esquerda e controle a direita com sintomas de antracnose. B Frutos de banana Nanica com biofilme à direita e controle à esquerda com sintomas de antracnose. ..... 39
**Figura 9:** Fruto do tratamento amido 4% com ataque de fungo, principalmente nas quinas. Fonte: Cláudia Sarmento, 2012. ..... 40
**Figura 10:** Vida útil das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle. ..... 41
**Figura 11:** Valores médios da perda de massa fresca (%) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle no estágio sete de maturação. ..... 42
**Figura 12:** Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle analisadas no estágio 7 de maturação. ..... 45
**Figura 13:** Valores médios de Acidez Titulável (% de ácido málico/100g) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle analisadas no estágio 7 de maturação. ..... 47
**Figura 14:** Relação Sólidos Solúveis Totais e Acidez Titulável *(ratio)* das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle. ..... 49

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Classificação da atividade antimicrobiana sugerida por Matsuura (2004).....30
**Tabela 2:** Divisão dos grupos dos frutos de banana avaliados .....32
**Tabela 3:** Resultados dos testes de atividade antimicrobiana do óleo essencial de cravo-da-índia .....36
**Tabela 4:** Resultados dos testes de atividade antimicrobiana do Biofilme .....38

## SUMÁRIO


1. INTRODUÇÃO ..... 15

2. JUSTIFICATIVA ..... 17

3. OBJETIVOS ..... 18

3.1. OBJETIVO GERAL ..... 18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 18

4. REVISÃO DE LITERATURA ..... 19

4.1. BIOFILMES E EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS ..... 19
4.2. EMBALAGENS COM POTENCIAL ANTIMICROBIANO ..... 21
4.3. PÓS- COLHEITA DA BANANA ..... 23

5. MATERIAL E MÉTODOS ..... 27

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 35

7. CONCLUSÃO ..... 51

8. REFERÊNCIAS ..... 52

# 1. INTRODUÇÃO

As embalagens são utilizadas para preservar e proteger o produto embalado e, consequentemente, aumentar seu período de armazenamento. Nos últimos anos cresceu o interesse por filmes comestíveis ou biodegradáveis também conhecidos como biofilmes (SOUZA, 2001). Biofilme é um filme fino preparado a partir de materiais biológicos, que age como barreira a elementos externos e, consequentemente, pode proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos e aumentar a sua vida útil (HENRIQUE, CEREDA, SARMENTO, 2008).

Existe um grande interesse pelo desenvolvimento de biofilmes comestíveis ou degradáveis biologicamente, principalmente devido à demanda por alimentos de alta qualidade, às preocupações ambientais sobre o descarte dos materiais não renováveis das embalagens para alimentos e às oportunidades para criar novos mercados para as matérias-primas formadoras de filme, derivadas de produtos agrícolas (FAKHOURI *et al*, 2005).

As embalagens ativas caracterizam-se como uma importante ferramenta tecnológica para aumentar a vida de prateleira de alimentos atuando sobre a manutenção das mais importantes características de um alimento: qualidade e segurança.

Os agentes antimicrobianos podem ser incorporados diretamente à matriz polimérica em rótulos, etiquetas ou estar contidos em sachês (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004). Diversas substâncias podem ser incorporadas às embalagens ativas com o objetivo principal é conservar os alimentos por mais tempo, usando doses menores de aditivos químicos. Neste sentido, destaca-se a especiaria cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) que é uma planta arbórea que possui odor fortemente aromático, sabor ardente e característico. Sua composição química é constituída principalmente por eugenol que apresenta efeito anti-inflamatório, cicatrizante, analgésico e é eficaz no combate e diminuição de bactérias presentes na boca. Seus efeitos medicinais compreendem o tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia. Com propriedades bactericidas é também usado como anestésico e antisséptico para o alívio de dores de dente (NASCIMENTO, LOCATELLI, FREITAS, 2000).

A banana (*Musa* spp) representa uma das principais frutas brasileiras com potencial para exportação. Entretanto, as perdas pós-colheita têm sido bastante

significativas. Estas são geralmente devido à falta de organização e tecnologias apropriadas de armazenamento, transporte e comercialização (LUCENA *et. al.*, 2004)

A utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada para revestimento de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente. Essas películas possuem potencial para controlar a perda de umidade e para controlar também a troca de oxigênio, etileno e dióxido de carbono do tecido de frutas; desta forma podem controlar a respiração do produto e aumentar sua vida de prateleira (TANADA-PALMU *et al.*, 2002; AZEREDO, 2003).

O uso de compostos naturais de origem vegetal tem demonstrado potencial para o controle de doenças pós-colheita. Alguns trabalhos com aplicação de óleos essenciais, por exemplo, tem demonstrado resultados satisfatórios (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Oliveira (2013) para aumentar a vida útil e a manutenção das características físico-químicas dos frutos, a combinação de óleos essenciais com película biodegradável pode apresentar uma estratégia promissora, sendo confirmado por Bosquez-Molina *et al.* (2010) que por meio de revestimento à base de goma de algaroba formulado com óleos de *Thymus vulgaris* (tomilho) e *Citrus aurantifolia* (limão mexicano) obteve a inibição do crescimento de dois patógenos (*Coletotrichum gloeosporioides e Rhizopus stolonifer*) e aumentou a vida útil do mamão.

Atualmente, existe um interesse na busca de tecnologias que atendam às novas exigências do mercado que incluem segurança microbiológica e qualidades sensoriais e nutricionais dos produtos alimentícios. As embalagens, por sua vez, possuem papel fundamental para manutenção da qualidade na cadeia produtiva, de forma a oferecer proteção contra fatores internos (ação de microrganismos) e externos (luz e oxigênio) de deterioração (LOPES *et al.*, 2014).

Neste sentido o trabalho desenvolveu uma embalagem biodegradável e ativa com função antimicrobiana e avaliou a sua eficiência no pós-colheita de quatro variedades de banana.

## 2. JUSTIFICATIVA

Segundo Gliessman (2000) a Agroecologia é a ciência ou campo de conhecimentos de natureza multidisciplinar, com ensinamentos que contribuem na construção da agricultura de base ecológica e na elaboração de estratégias de desenvolvimento rural, tendo-se como referência os ideais da sustentabilidade numa perspectiva multidimensional. Esta estratégia visa sistematizar todos os esforços em produzir um modelo tecnológico abrangente, que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável. A Agroecologia é uma abordagem científica que propõe uma nova visão da agricultura tendo conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis.

Em sistemas agroecológicos o desenvolvimento de tecnologias viáveis, como uma técnica alternativa de conservação que não envolva o uso de refrigeração é vantajoso, pois possibilita o aumento na vida de prateleira dos frutos em regiões distantes e com baixa disponibilidade de recursos, como energia. A utilização dos biofilmes neste caso ainda uniria outras duas necessidades: a criação de alternativas econômicas para a agricultura familiar brasileira e a diminuição dos impactos ambientais causados pelo uso intenso de embalagens originárias do petróleo.

Neste sentido, a procura por alimentos mais saudáveis e próximos do natural tem motivado estudos com o objetivo de substituir produtos químicos por compostos naturais e desenvolver novas tecnologias como as embalagens ativas de forma a reduzir a concentração necessária destes produtos. A aplicação de óleos essenciais como agentes antimicrobianos, apresenta excelente potencial para a garantia da qualidade dos alimentos e a possibilidade de efeito sinergística com a combinação dos mesmos pode ampliar o espectro de ação permitindo aplicações mais eficazes.

Sendo assim, se faz importante viabilizar a oferta de produtos com uma embalagem alternativa para o consumidor, já que, segundo o programa Brasil *Food Trends* 2020, que identificou as recentes exigências e tendências dos consumidores mundiais de alimentos, com base em uma análise de relatórios estratégicos produzidos por institutos de referência, demonstra que os consumidores estão preocupados com o meio ambiente e vários aspectos estão sendo valorizados como as embalagens comestíveis, biodegradáveis e recicláveis.

# 3. OBJETIVOS

## 3.1. Objetivo geral

Desenvolver e caracterizar uma embalagem biodegradável e ativa com função antimicrobiana mediante à incorporação de óleo essencial extraído do cravo-da-índia, com aplicação no pós-colheita de bananas.

## 3.2. Objetivos específicos

- Verificar a viabilidade tecnológica da incorporação do óleo essencial de cravo-da-índia a um filme biopolimérico de amido e glicerol;
- Avaliar a espessura do biofilme produzido;
- Avaliar o potencial antimicrobiano do biofilme produzido e do óleo essencial extraído do cravo da índia;
- Avaliar a eficácia do biofilme quanto a proteção em quatro variedades de bananas;
- Acompanhar e avaliar a vida de prateleira dos frutos de banana, após revestimento com o biofilme produzido;
- Comparar parâmetros físico-químicos da qualidade pós colheita das bananas com e sem a aplicação de biofilme.

# 4. REVISÃO DE LITERATURA

## 4.1. Biofilmes e embalagens biodegradáveis

Embalagem para alimentos, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária é o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agentes externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações (ANVISA, 2012).

Segundo Quintero *et al.*, (2012) várias alternativas têm sido investigadas para minimizar o impacto ambiental dos polímeros convencionais, incluindo a utilização de polímeros biodegradáveis. Em comparação com os polímeros sintéticos, os polímeros naturais como materiais de embalagens de alimentos, têm as vantagens da biodegradabilidade, obtenção à partir de recursos renováveis e serem potencialmente comestíveis.

Biofilmes são materiais biológicos elaborados a partir de proteínas, polissacarídios, lipídios ou da combinação deles. Para melhorar as propriedades de barreira dos biofilmes, a incorporação de lipídios surge como alternativa para melhoria das características do produto final (BERTAN, 2003).

Coberturas e biofilmes a base de lipídios produzidos com ceras, óleos ou ácidos graxos são efetivos como barreira à umidade, devido ao seu caráter hidrofóbico. Coberturas e biofilmes feitos de polissacarídeos (celulose, pectina, amido, alginatos, quitosana e gomas) apresentam boa barreira a gases ($O_2$ e $CO_2$), mas não a água, provavelmente relacionada à alta polaridade deste tipo de filme. As coberturas e biofilmes a partir de proteínas (caseína, gelatina, soja, zeína, glúten e albumina de ovo) são boas barreiras ao $O_2$ e $CO_2$ em ambientes com baixa umidade relativa, mas não em alta umidade devido à susceptibilidade do filme em absorver umidade e se dissolver. Filmes e coberturas compostos ou de duas camadas estão sendo investigados, a fim de melhorar as características de permeabilidade, força, flexibilidade e valor nutricional (AMARANTE e BANKS, 2001).

Quando se adiciona um componente hidrofóbico à suspensão formadora do filme, produzem-se filmes compostos, nos quais o componente lipídico atua como barreira ao vapor de água, e a proteína ou polissacarídeo fornecem a barreira ao

oxigênio e as características mecânicas necessárias a um bom filme (ANKER, STADING, HERMANSSON, 2001).

Dentre as principais vantagens atribuídas a este tipo de embalagem estão: a redução da poluição ambiental, a melhoria das características sensoriais dos alimentos embalados (cor e sabor), além da diminuição da perda de água e o aumento do valor nutricional (CARULO, 2005).

De acordo com Aoyama (2007), a denominação bioplástico é normalmente utilizada para dois tipos diferentes de produtos: plásticos produzidos a partir de matérias-primas renováveis, convertidas em produtos biodegradáveis ou não-biodegradáveis, e plásticos biodegradáveis produzidos a partir de matérias-primas renováveis ou fósseis, também conhecidos como polímeros biodegradáveis.

Os plásticos biodegradáveis, especialmente os provenientes de fontes naturais renováveis, têm sido um foco de interesse para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam, entre outros aspectos, a preservação ambiental e a busca de potenciais alternativas de substituição de plásticos convencionais oriundos de fontes petrolíferas. (TEIXEIRA, 2007).

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima principal para sua fabricação é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado de plantios comerciais de larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba; ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa (PRADELLA, 2006).

Segundo Larotonda (2002), a obtenção de embalagens biodegradáveis a partir de recursos renováveis une duas necessidades: a criação de alternativas econômicas para a agricultura familiar brasileira e a diminuição dos impactos ambientais causados pelo uso intenso de embalagens originadas de derivados de petróleo como polietileno, poliestireno etc.

## 4.2. Embalagens com potencial antimicrobiano

Embalagem ativa é um conceito inovador que pode ser definido como sendo um modo de revestimento no qual a embalagem, os alimentos e a interação destes com o meio ambiente estendem a vida útil do produto enquanto melhoram a sua qualidade (CAGRI, ZEYNEP, RYSER, 2004).

As embalagens ativas vêm sendo usadas em grande número de produtos alimentícios tais como pães, bolos, biscoitos, pizza, massa fresca, croissant, queijo, peixe, carnes (curadas, desidratadas, defumadas) café, chá, leite em pó, feijão, frutas desidratadas, farinhas, vinhos, salgadinhos, frutas e hortaliças, legumes, etc (CUNHA *et al.*, 2007). Vários materiais podem ser incorporados a filmes comestíveis para influenciar as propriedades mecânicas, de proteção, sensoriais ou nutricionais (HAN, 2003).

Segundo Soares (2003), embalagens ativas são aquelas capazes de controlar uma determinada propriedade. O objetivo principal dessas embalagens é conservar ou melhorar a qualidade dos alimentos. Os filmes antimicrobianos são uma alternativa ao uso de conservantes em alimentos. A incorporação de diferentes aditivos em materiais usados para embalar alimentos alcança-se uma maior vida de prateleira.

Os agentes antimicrobianos podem ser incorporados diretamente à matriz polimérica em rótulos, etiquetas ou estar contidos em sachês (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004). Sua adição nos filmes poliméricos pode ser feita de duas maneiras: incorporação e imobilização. No primeiro caso, há liberação do agente antimicrobiano para o alimento, enquanto na imobilização o composto atua somente em nível de superfície (HAN, 2005).

Diversas substâncias podem ser incorporadas às embalagens ativas, dependendo do alimento, por exemplo, propionatos e sorbatos em pães de forma, nisina em queijo e lactato de sódio em salsichas. O objetivo principal é conservar os alimentos por mais tempo, usando doses menores de aditivos químicos. As embalagens ativas contêm conservantes e aditivos que são liberados progressivamente, evitando, assim, que os alimentos recebam diretamente essas substâncias. Os componentes químicos entram em contato com o produto apenas na superfície, mais susceptível aos fungos e numa quantidade menor do que a permitida pela legislação, mas com o mesmo efeito.

Nos últimos anos, têm se destacado os desenvolvimentos de embalagens com atividades antimicrobianas. A tecnologia baseia-se no fato de que, na maioria dos alimentos sólidos e semi-sólidos, o crescimento microbiano é superficial, daí um maior contato entre o produto e o agente antimicrobiano. (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004).

Neste sentido, destaca-se a especiaria cravo-da-índia *Syzygium aromaticum* da família *Myrtaceae* é uma planta arbórea, perene, e atinge 10 metros de altura. A copa é bem verde, de formato piramidal. As folhas são ovais, persistentes e de coloração verde brilhante. As flores brancas são agrupadas em inflorescências do tipo cacho e seus botões são colhidos quando sua cor muda de verde para carmim, sendo cuidadosamente dessecados ao sol. O fruto é do tipo baga e de formato alongado. Desenvolve-se em clima tropical e a propagação é feita por sementes (MAZZAFERA, 2003).

Seu óleo é volátil e destilado por arraste a vapor dos botões dessecados, contendo mais de 85%, por volume, de substâncias fenólicas totais, preponderando eugenol (70 a 95%), acetato de eugenila e β-cariofileno É um líquido incolor ou amarelo-claro, classificado como aromatizante, utilizado nos casos de dispepsia, bronquite crônica e tratamentos dentários (ROBBERS, 1997).

O eugenol (Figura 1), principal constituinte químico do óleo essenciail da espécie *S. aromaticum*, exibe comprovadas atividades como antimicrobiano, antiinflamatório, anestésico, anti-séptico, antioxidante, alelopático e repelente (GOBBO NETO, LOPES, 2007). Além de seus efeitos nessas aplicações, os extratos de cravo-da-índia reduzem o número de *Escherichia coli* e outras bactérias durante a armazenagem de sucos, leites e chás (MAU, CHEN, HSIEH, 2001).

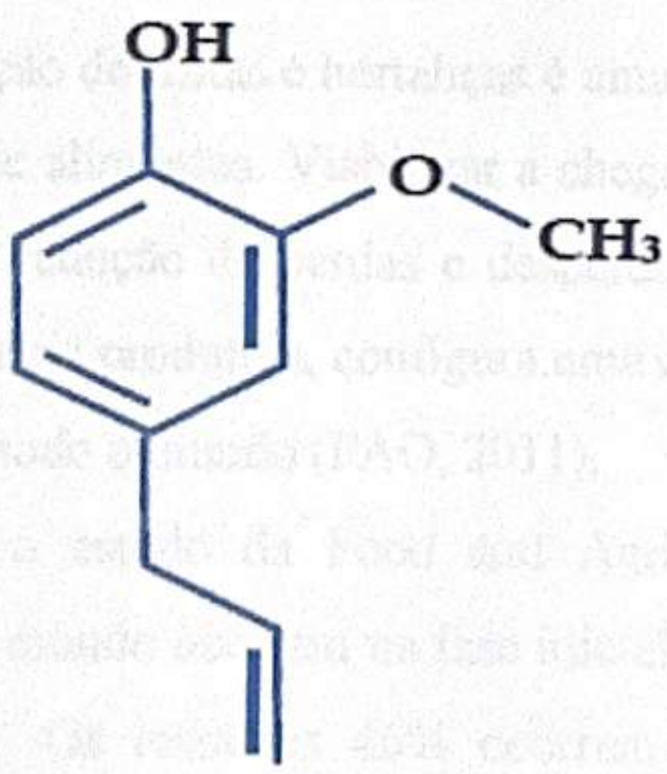


**Figura 1**: Fórmula estrutural do eugenol.

Segundo Ranasinghe e colaboradores (2002) o óleo essencial do cravo-da- índia pode ser usado também como agente fungicida no controle de doenças no cultivo da banana e como alternativa em seu tratamento pós-colheita. Como antioxidante natural, reduz a atividade da peroxidase em vegetais folhosos (PONCE; VALLE e ROURA, 2003).

Costa e colaboradores (2011), avaliaram que o óleo essencial de cravo- da- índia apresentou efetiva atividade fungicida na concentração de 0,15% sobre o crescimento dos fungos *Rhizopus solani, Fusarium oxysporum* e *Fusarium solani.* Esses resultados indicam perspectivas favoráveis para posterior uso no controle desses fitopatógenos na agricultura.

O óleo essencial de cravo- da- Índia apresentou acentuada atividade antimicrobiana, quando testado para os microrganismos *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Campylobacter jejuni, Salmonella enteritidis, Listeria monocytogenes* (diminuindo significativamente a taxa de crescimento) e *Staphylococcus epidermidis*. O óleo também apresentou atividade contra 26 cepas de *S. epidermidis* isoladas de fluidos de diálise e mostrou-se efetivo, de maneira geral, contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (SCHERER *et al*., 2009).

Nascimento *et al.* (2000) relataram o alto potencial antimicrobiano e atividade bactericida frente a bactéria *Pseudomonas aeruginosa* testados com o extrato de *S. aromaticum*. Testes do óleo essencial de *S. aromaticum* mostram atividade inibitória frente aos fungos *Candida* e *Aspergillus.*

## 4.3. Pós- colheita da Banana

Aumentar a produção de frutas e hortaliças é uma solução primária para atender a futura demanda global de alimentos. Viabilizar a chegada do alimento produzido até a população, por meio da redução de perdas e desperdícios com a adoção de soluções eficientes ao longo da cadeia produtiva, configura uma das formas de garantir segurança alimentar e nutricional a todo o mundo (FAO, 2011).

De acordo com o estudo da Food and Agriculture Organization, 54% do desperdício alimentar no mundo ocorrem na fase inicial da produção, manipulação pós-colheita e armazenagem. Os restantes 46% ocorrem nas etapas de processamento, distribuição e consumo. (FAO, 2013)

Nos países em desenvolvimento mais de 40% das perdas de alimentos ocorrem nas etapas de pós-colheita e processamento. Nestes países, medidas de controle devem ser adotadas da perspectiva do produtor, por meio de técnicas pós-colheita adequadas. Em países industrializados mais de 40% das perdas ocorrem nas etapas do varejo e consumo e as soluções direcionadas ao produtor passam a ter importância apenas marginal, uma vez que os consumidores perdem grandes quantidades de alimentos (FAO, 2011).

Segundo o Instituto Brasileiro de frutas; IBRAF (2005), o Brasil possui um elevado volume de perdas na produção de frutas estimado em 10 milhões de toneladas/ano, correspondendo a 30-40% da sua produção.

A banana (*Musa* spp) representa uma das principais frutas brasileiras com potencial para exportação. Entretanto, as perdas pós-colheita têm sido bastante significativas. Estas são geralmente devido à falta de organização e tecnologias apropriadas de armazenamento, transporte e comercialização (LUCENA *et. al.*, 2004).

A banana destaca-se na primeira posição no ranking mundial das frutas, com uma produção de 106,5 milhões de toneladas. O Brasil produz 7,3 milhões de toneladas, com participação de 6,9% (FAO, 2013).

O fruto da bananeira caracteriza-se como um fruto climatérico, apresentando uma ascensão respiratória e de etileno que marca o início do amadurecimento. O etileno é um hormônio vegetal volátil, que desempenha um papel crucial no estímulo ao amadurecimento dos frutos climatéricos. A emanação de etileno desencadeia rapidamente as modificações que resultam na transformação da banana em um fruto apto para o consumo. Tais transformações envolvem mudanças na aparência, no sabor, no aroma e na textura (VILAS BOAS *et al.*, 2001).

O Brasil, mesmo sendo um dos maiores produtores mundiais de frutas, ocupando a segunda posição em volume produzido, coloca-se em desvantagem quando se verifica o volume de perdas ocorridas entre a colheita e o consumo que corresponde a 30-40% da produção. (BENATO *et al.*, 2001; JACOMINO, 2003).

Dentre os principais fatores para as perdas no pós-colheitas destacam-se o crescimento de microrganismos. Segundo Dantas *et al.* (2003,) doenças fúngicas pós-colheita constituem uma das principais causas de perdas durante a fase de comercialização de frutos tropicais. O crescimento de fungos representa 80 a 90% do total de perdas causadas por fitopatógenos (GULLINO, 1994).

A aplicação de filmes poliméricos, ceras ou biofilmes em frutas ou hortaliças, expostas à temperaturas baixas ou mesmo a temperatura ambiente, caracteriza a modificação da atmosfera, provocando a redução de perda de água e diminuição da atividade respiratória (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A síntese de etileno e sua ação poderão ser minimizadas, provocando o retardamento da senescência, refletindo de forma direta no aumento do período de comercialização (VILA, 2004).

Essa produção expressiva tem sido afetada pela ocorrência de doenças, principalmente em pós-colheita, como a antracnose. Somente esta doença é responsável por perdas da ordem de 40% do total produzido (PESSOA *et al.*, 2007

A antracnose é causada por diferentes espécies do fungo *Colletotrichum musae* (Berk & Curtis) von Arx. (COELHO *et al.*, 2010), cujos sintomas observados são lesões escuras e deprimidas, que com o progresso da doença e em condições ambientais favoráveis, como alta umidade, cobrem-se de frutificação rósea (FERNANDES e BONALDO, 2011).

Para o controle da doença vêm sendo utilizados tratamento químico e práticas culturais, visando reduzir a quantidade de inóculo no campo. Em pós-colheita, as medidas de controle são constituídas, principalmente, de fungicidas. No entanto, cada vez mais a população tem exigido produtos com baixo nível de resíduos químicos. Com isso pesquisadores têm buscado encontrar produtos capazes de controlar agentes patogênicos, sem causar nenhum dano ao meio ambiente e aos seres humanos, visando reduzir o uso de fungicidas convencionais. Assim, visando minimizar os efeitos quanto ao uso de produtos químicos e aumentar a produção de alimentos de melhor qualidade, prolongando o período da pós-colheita e a redução nas perdas causadas pelo ataque do patógenos, têm-se buscado novas medidas de proteção de frutos na pós-colheita, que incluem o uso de produtos alternativos, como óleos essenciais (BORGES, 2011; FERNANDES e BONALDO, 2011).

Borges (2011) observou em testes *in vitro* que o óleo essencial de cravo-da-índia apresentou um bom resultado quanto à inibição ao crescimento micelial e na germinação de conídios de C. *musae*, com 100% de inibição a partir da concentração de 750 $mg.L^{-1}$. O óleo essencial de cravo-da-índia, mesmo na menor concentração testada (250 $mg.L^{-1}$), apresentou valor próximo a zero de Índice de Velocidade de Crescimento Micelial.

Outra grande preocupação atualmente é prolongar a vida pós-colheita dos frutos, já que muitas vezes os pomares dos frutos ficam distantes dos seus pontos de comercialização, precisando-se de mais tempo no transporte e consequentemente no consumo dos mesmos. Uma forma de aumentar essa vida pós-colheita é a utilização de revestimentos comestíveis, ou biofilmes sobre a superfície dos frutos, que são coberturas formadas por materiais biológicos, que tem como objetivo retardar o metabolismo dos frutos (SARMENTO, 2012).

A utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada para revestimento de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente (AZEREDO, 2003).

Segundo Maqbool *et al.* (2010), analisando o controle da antracnose e as características pós-colheita em frutos de banana cultivar Pisang Berangan, utilizando revestimento de quitosana (concentrações de 0,5; 0,75; 1,0 e 1,5%), goma arábica (concentrações de 5,10,15 e 20%) e de ambas as substâncias, constatou que os frutos de banana tratados com quitosana em qualquer concentração, apresentaram valores de perda de massa, sólidos solúveis inferiores e de firmeza superiores aos dos frutos controle, o que comprova a eficiência desse polissacarídeo na conservação pós-colheita dos frutos.

Os métodos de controle podem ser aplicados de forma isolada ou integrada para controlar doenças de frutas pós-colheita, as quais geralmente são afetadas por mais de um patógeno (SENHOR *et al.*, 2009).

# 5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Processamento de Alimentos, Microbiologia e Físico-química do Instituto Federal de Brasília *Campus* Planaltina, entre os meses de fevereiro e abril de 2015.

## 5.1. Desenvolvimento do biofilme a partir de filme polimérico de amido e glicerol, incorporado com óleo essencial de cravo-da-índia

Os biofilmes foram preparados segundo a técnica casting (ZAVAREZE et al., 2012; YAN et al., 2012; TORRES et al., 2011), que consiste no preparo de uma solução filmogênica, por dissolução em água destilada da fécula de mandioca 4% do agente plastificante glicerol (10% de plastificante/100g de amido) e da solução antimicrobiana no caso o óleo essencial de cravo-da-índia na concentração de 0,8 mg/ml. Posteriormente, a solução foi aquecida até a temperatura de gelatinização do amido, 70°C, sob agitação constante. A figura 2 apresenta a solução filmogênica. Em seguida, foram espalhadas em placas de Petri de poliestireno 100 g da solução filmogênica e desidratada em estufa com circulação de ar (35 ± 2 °C) por 18 a 20 h. Os biofilmes obtidos foram acondicionados a 60% de umidade relativa (UR) a 23 °C em dessecadores por 2 dias, antes de serem retirados e caracterizados. A figura 3 apresenta o biofilme pronto para ser caracterizado.

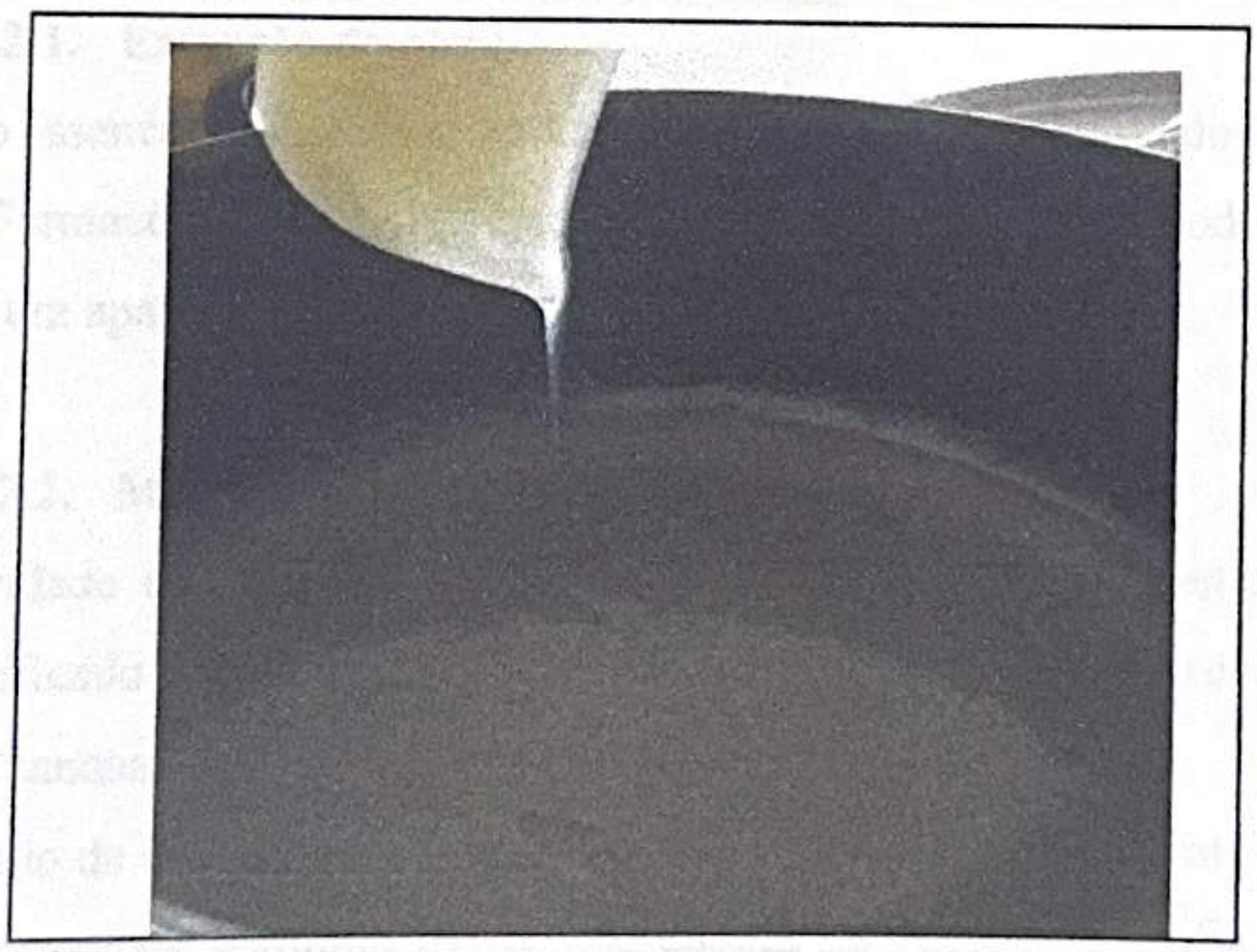

**Figura 2:** Solução Filmogênica de amido, glicerol e óleo essencial de cravo-da-índia. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

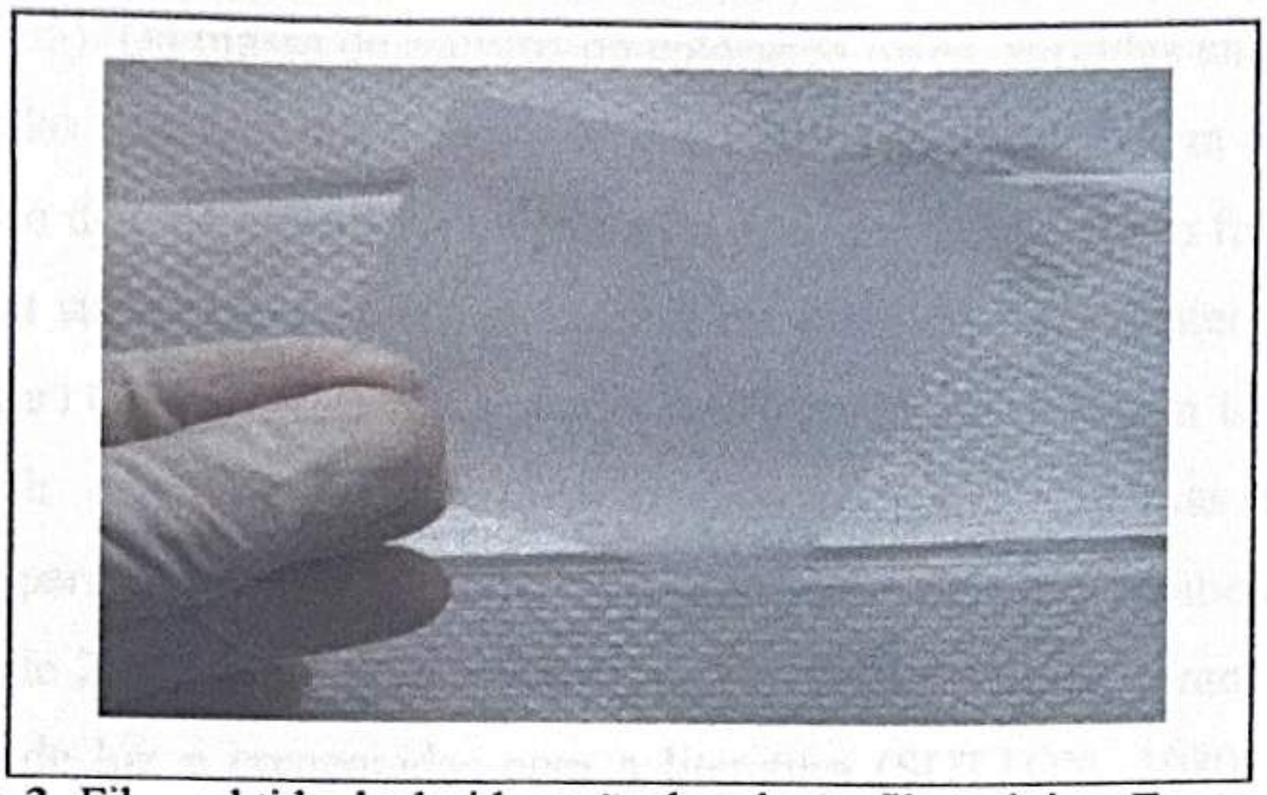

**Figura 3:** Filme obtido da desidratação da solução filmogênica **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

### 5.1.1. Espessura

A espessura dos filmes foi determinada em triplicata com auxílio de um micrômetro digital marca Insize, modelo SL-M, com sensibilidade de 0,001 mm, com uma média de cinco pontos aleatórios no filme (OLIVER e MEINDERS, 2011; ABDORREZA, CHENG e KARIM, 2011; KECHICHIAN *et al.*, 2010).

## 5.2.Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial de cravo-da-Índia

### 5.2.1. Extração do óleo:

O óleo essencial foi extraído no Laboratório de Farmacognosia do Departamento de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, pelo método de arraste a vapor usando um aparato de Clevenger.

### 5.2.2. Microrganismos testados e sua origem:

A atividade antimicrobiana do óleo de cravo foi testada contra um isolado fúngico identificado como pertencente ao *Colletotrichum* sp. agente etiológico da antracnose da banana.

O isolado de *Colletotrichum* sp. foi obtido por meio de isolamento do patógeno de frutos sintomáticos seguindo as recomendações de Alfenas e Mafia (2008). Para tanto, frutos de banana no estágio 3 de maturação foram submetidos à câmara úmida por 6 ( seis) dias quando surgiram sintomas típicos de antracnose (CORDEIRO, MATOS e

KIMATI, 2005). Da massa de esporos de coloração rósea, surgidas em algumas lesões, foram coletadas amostras dos mesmos as quais foram suspendidos em água esterilizada. Com o auxílio de uma alça de repicagem uma amostra da suspensão foi uniformemente distribuída na superfície de meio de cultura em placa de Petri contendo BDA (Batata Dextrose Agar) (TUITE, 1969). As placas foram então mantidas em temperatura de 25 °C por 48 h quando, sob microscópio estereoscópico, colônias fúngicas foram transferidas para outras placas contendo o mesmo meio e também mantidas em temperatura de 25 °C. As características morfológicas do fungo foram observadas sob microscópio de luz e comparadas com a literatura (SUTTON, 1980) sendo possível posicionar o mencionado fungo como pertencente ao gênero *Colletotrichum* ( Figura 4).

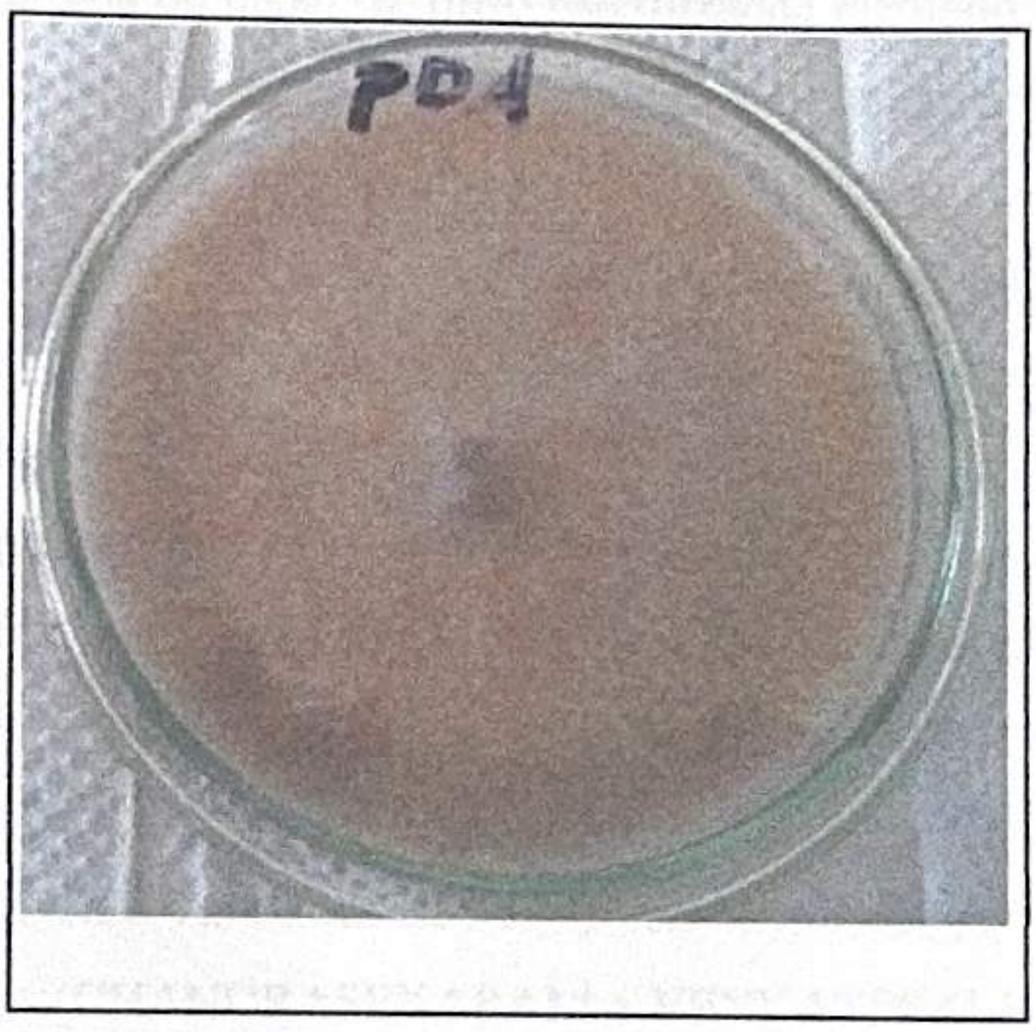


**Figura 4**: Colletotrichum sp. crescido em meio BDA por cinco dias. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

### 5.3.3 Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial através da técnica de difusão em disco

A atividade antimicrobiana foi avaliada *in vitro* por meio do teste de difusão em ágar. Esse é um método físico, no qual um microrganismo é desafiado contra uma substância biologicamente ativa em meio de cultura sólido e relaciona o tamanho da zona de inibição de crescimento do microrganismo desafiado com a concentração da substância ensaiada (PINTO *et al.*, 2003).

Foi utilizado o teste de difusão em disco sugerido por Rabanal *et al.* (2002) e por Karaman *et al.* (2003), que consiste na aplicação de 10 µL da solução de agente antimicrobiano em discos de papel de filtro esterilizados medindo 6 mm de diâmetro. Seguindo a padronização dos testes de sensibilidade a antimicrobianos por difusão em disco da NCCLS (2003), com algumas alterações.

O meio de cultura utilizado para o experimento, foi Batata Dextrose Agar (BDA). Placas de Petri de 150X20 mm e 70X10 mm foram preparadas em duplicata e, após solidificação do meio, foi transferido 0,2 ml de suspensão de esporos nitidamente turva, previamente preparada. Em seguida os discos foram colocados nas placas e sobre os discos foram aplicados 10 µL de cada amostra nas concentrações do óleo testado dissolvido em DMSO (Dimetilsulfóxido). Como controle negativo foi utilizado DMSO (RABANAL et al. 2002). Depois da aplicação, o DMSO foi evaporado, devido à volatilidade deste solvente. As Placas de Petri foram incubadas para fungos de 25 a 27 °C por 48 a 72 horas (CHANDRASEKARAM e VENKATESALU, 2004). Depois de transcorrido este período, com o auxílio de uma paquímetro, os halos de inibição foram medidos em mm, incluindo-se o diâmetro do disco, de 6 mm.

As concentrações do óleo essencial testadas foram de 0%, 6,25%, 12,5%, 25%, 50% e 100%. A avaliação da atividade antimicrobiana foi realizada com base na classificação sugerida por Matsuura (2004) Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação da atividade antimicrobiana sugerida por Matsuura (2004)

| Tipo de inibição | Halo de Inibição | Intensidade da Inibição |
|---|---|---|
| Ausente | 0 | - |
| Baixa | 7,0 -1 0,0 mm | + |
| Moderada | 11,0 – 14,0 mm | ++ |
| Alta | >14,0 mm | +++ |

FONTE: Bonfim (2010) adaptado.

## 5.3. Avaliação da atividade antimicrobiana do biofilme por meio da técnica de difusão em disco

A atividade antimicrobiana do biofilme foi testada contra um isolado de *Colletotrichum* sp. agente etiológico da antracnose da banana e contra a levedura *Saccharomyces boulardii* conforme metodologia proposta por Lopes *et al*. (2014).

O meio de cultura utilizado para o experimento foi o Batata Dextrose Agar (BDA). Placas de Petri foram preparadas em duplicata e, após solidificação do meio, foi inoculado 0,1 ml da suspensão de esporos de *Colletotrichum* sp.nitidamente turva, previamente preparada e suspensão de *Saccharomyces boulardii*, previamente ativada em caldo nutriente.

Os filmes foram cortados em círculos de 1 cm de diâmetro. Em seguida, três pedaços de filme foram colocados assepticamente nas placas de Petri previamente inoculada com os fungos. As placas inoculadas foram incubadas para fungos de 25 a 27 ºC por 48 a 72 horas (CHANDRASEKARAM e VENKATESALU, 2004). Depois de transcorrido este período, com o auxílio de uma régua, os halos de inibição foram medidos em mm, incluindo-se o diâmetro do disco, de 10 mm.

A avaliação da atividade antimicrobiana foi realizada com base na classificação sugerida por Matsuura (2004) (Tabela 1).

## 5.4. Obtenção e preparo dos frutos de banana (*musa spp.*) variedades Nanica, Prata, Tropical e Conquista para aplicação do biofilme.

As bananas foram obtidas na Fazenda Água Limpa pertencente à Universidade de Brasília – UnB. Os frutos utilizados foram colhidos manualmente no estágio de maturação fisiológica, com o grau de maturação 2 (verde com traços amarelos). Os cachos foram transportados, selecionados e transportados em caixa plástica no mesmo dia da colheita para o Laboratório de Produtos de Origem Vegetal do *Campus* Planaltina do IFB. Em seguida, os frutos sem sintomas de doenças e sem qualquer dano mecânico foram selecionados e separados em dois grupos: frutos para aplicação do biofilme e frutos controle (sem aplicação do biofilme).

### 5.4.1. Revestimento dos frutos de banana (*musa spp.*) variedades Nanica, Prata, Tropical e Conquista

Para o revestimento dos frutos foi utilizada a solução filmogênica à 25 °C que se deu da seguinte forma: banho por 1 minuto e retirada do excesso (escorrimento). Em seguida, os frutos foram divididos nos seguintes tratamentos, a temperatura e umidade de avaliação foi de 32±2°C e 80±5% de UR, respectivamente. A Tabela 2 apresenta a divisão dos grupos de avaliação. Ao todo foram avaliadas 30 frutas de cada variedade de bananas, no total de 240 bananas avaliadas, e todos as avaliações sendo realizadas em triplicata.

**Tabela 2:** Divisão dos tratamentos dos frutos de banana avaliados

| Variedade | Tratamento |
|---|---|
| Nanica | Com Biofilme |
| | Sem Biofilme |
| Prata | Com Biofilme |
| | Sem Biofilme |
| Tropical | Com Biofilme |
| | Sem Biofilme |
| Conquista | Com Biofilme |
| | Sem Biofilme |

## 5.5.Características Físico-Químicas avaliadas

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Produtos de Origem Vegetal do *Campus* Planaltina do IFB, nos meses de março e abril de 2015. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Química de Alimentos do *Campus* Planaltina do IFB. As análises físico-químicas foram realizadas quando os frutos atingiram o estágio 7 de maturação de acordo com a classificação proposta pela CEAGESP.

### 5.5.1. Avaliação do grau de maturação/ tempo de vida útil

O grau de maturação foi avaliado a cada dois dias segundo as Normas da classificação de cor do fruto da bananeira proposta por CEAGESP (2006) Figura 5. Este parâmetro foi utilizado para verificar o tempo de vida útil dos frutos. Foi avaliado o tempo que os frutos demoraram para atingir o estágio 7 de maturação.

**Figura 5**: Normas da classificação de cor do fruto da bananeira. Fonte: normas de classificação de banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

### 5.5.2. Perda de Massa fresca

O percentual de perda de matéria fresca do fruto foi determinado conforme metodologia proposta por Sarmento, 2012, a cada 3 (três) dias com o auxílio de uma balança digital eletrônica. O resultado da perda de massa fresca em relação à massa inicial do fruto foi obtida pela equação:

$$PM(\%) = \frac{[Pi-Pj]}{Pi} \times 100$$

Onde:

PM = perda de massa (%);
Pi = peso inicial do fruto (g);
Pj = peso do fruto no período subsequente a Pi (g);

### 5.5.3. Sólidos Solúveis Totais

As medidas de sólidos solúveis totais foram obtidas na polpa das amostras, transferindo-se de uma a duas gotas para o prisma do refratômetro portátil da marca Instrutherm, e fazendo-se a leitura conforme a escala do fabricante (0 a 30 $^{0}$Brix) (CEREJA, 2005).

### 5.5.4. Acidez Titulável

A acidez total titulável, expressa em % de ácido málico, foi determinada conforme metodologia proposta por Cereja, 2005, que consiste na titulação com solução de NaOH 0,1N, previamente padronizada, usando-se cinco gotas do indicador fenolftaleína 1%, a partir de 10 gramas de polpa macerada e 90 mL de água destilada, utilizando-se da fórmula:

% de ácido málico = (V x f x N x PE x 100/P)/1000, sendo:
V = volume (mL) de NaOH gasto na titulação; f = fator de correção; N= normalidade do NaOH; P = massa (g) de amostra; PE = massa equivalente do ácido málico.

### 5.5.5. Relação Sólidos Solúveis Totais /Acidez Titulável

A relação sólidos totais solúveis e acidez titulável foi determinada pelo quociente entre os dois constituintes. Os resultados foram expressos em valores absolutos (CEREJA, 2005)..

# 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 6.1.Desenvolvimento do biofilme a partir de filme polimérico de amido e glicerol, incorporado com óleo essencial de cravo-da-índia

Foi possível desenvolver o biofilme com incorporação do óleo essencial de cravo-da-índia e o resultado contribui para a difusão e busca de alternativas mais saudáveis e sustentáveis por meio da substituição dos conservantes químicos por um produto natural.

A solução filmogênica apresentou-se com bom aspecto, incolor, com consistência gelatinosa e com leve aroma de cravo-da-índia. O pH da solução no dia de preparo foi de 5.8.

O filme produzido se mostrou contínuo, sem fraturas ou rupturas, apresentou-se transparente, incolor e com bom aspecto. A manuseabilidade do filme foi boa, após retirados das placas, os filmes puderam ser manipulados. Esses resultados encontram em conformidade com a afirmação de Vila (2004), o qual menciona que os biofilmes comestíveis tendo o amido como biopolímero para sua formação sendo a fécula de mandioca selecionada como a matéria-prima mais adequada para sua elaboração, formam películas resistentes e transparentes.

## 6.2.Espessura do biofilme

A espessura é um parâmetro que pode variar dependendo de alguns fatores, na literatura é encontrada uma ampla faixa de variação para filmes biodegradáveis. A espessura média dos filmes foi de 0,072 mm, não houve diferenças entre as espessuras dos filmes produzidos. Os resultados obtidos neste trabalho são análogos àqueles apresentados na literatura.

Fakhouri *et al*. (2012) obtiveram espessuras que variaram de 0,034 a 0,075 mm para filmes produzidos a partir da mistura de amido de mandioca e gelatina. Shimazu, Mali e Grossmann (2007) verificaram que a espessura dos filmes de amido de mandioca variaram de 0,070 mm a 0,10 mm conforme o teor de plastificante foi elevado, atribuindo esse resultado ao incremento no teor de sólidos totais. O controle da espessura é um parâmetro que assegura a homogeneidade do material. Variações na

espessura dos filmes podem causar deficiência nas propriedades mecânicas e de barreira.

### 6.3.Atividade antimicrobiana *(in vitro)* do óleo essencial de Cravo-da-índia

A Tabela 3 registra os resultados dos testes de atividade antimicrobiana do óleo essencial de cravo-da-índia. Os resultados indicaram que o óleo testado nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 12,5% apresentou formação de halo de inibição frente ao isolado de *Colletotrichum* sp, conforme evidenciado na Figura 6. A classificação da inibição foi considerada alta, em conformidade com trabalho proposto por Matsuura (2004).

**Tabela 3:** Resultados dos testes de atividade antimicrobiana do óleo essencial de cravo-da-índia

| Concentração (%) | Resultado Halo de Inibição(mm) | Tipo de inibição | Intensidade da Inibição |
|---|---|---|---|
| 0 | 00 | Ausente | - |
| 3,125 | 00 | Ausente | - |
| 6,25 | 00 | Ausente | - |
| 12,5 | 15 | Alta | +++ |
| 25 | 18 | Alta | +++ |
| 50 | 22,5 | Alta | +++ |
| 100 | 45 | Alta | +++ |

Observou-se que conforme houve o aumento da concentração, houve o aumento do halo de inibição. Por outro lado concentrações de 0 a 6,25% não apresentaram halo de inibição não sendo verificada a ação antimicrobiana, devido à baixa concentração.

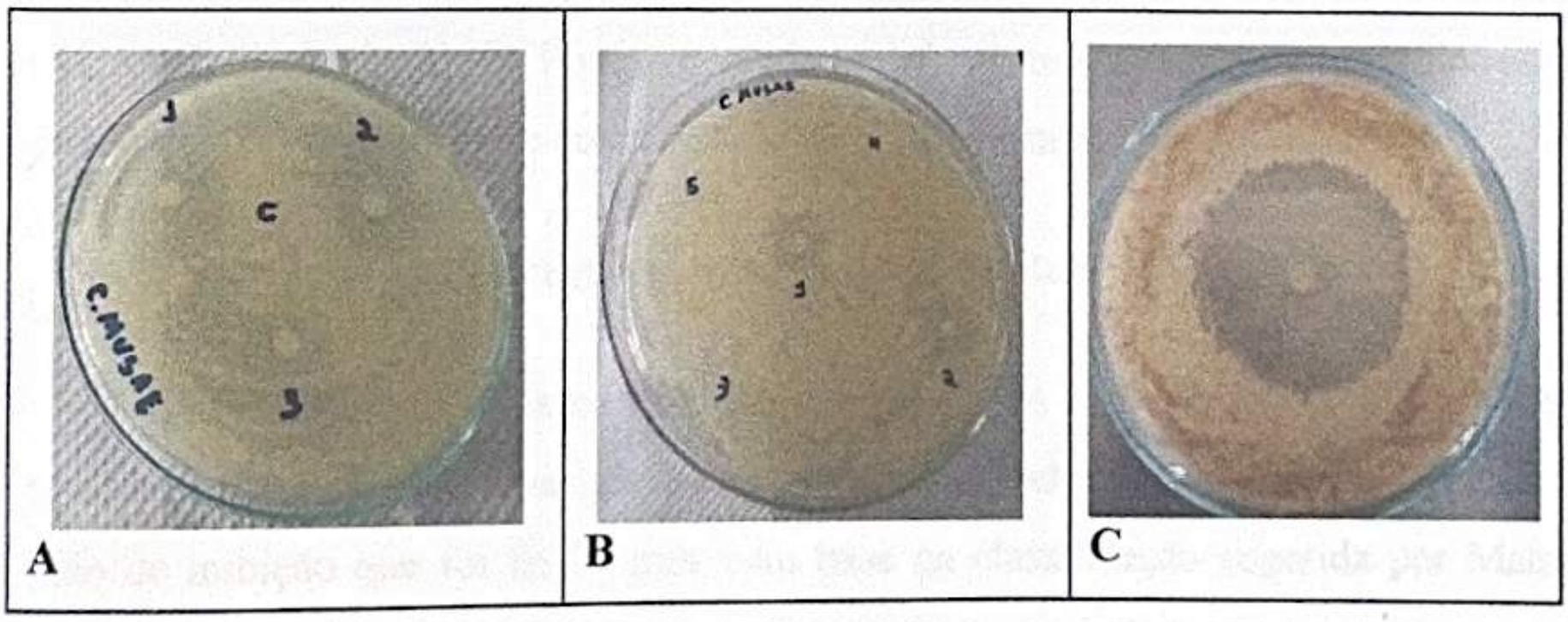


**Figura 6: A** Halos de inibição das diluições 1=50% ,2=25% ,3= 12,5% e C= controle. **B** Halos de inibição das amostras 1=50%, 2= 25% ,3=12,5% ,4= 6,25% ,5=3,12,5%. **C** Halo de inibição da Concentração 100%. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

A inibição de fungos pelo óleo essencial de *S. aromaticum* pode ser justificada pela grande porcentagem de eugenol, composto fenólico antisséptico de ação já conhecida (RANASINGHE *et al.*, 2002; DAFERERA *et al.*, 2003; AMARAL e BARA, 2005; GAYOSO *et al.*, 2005, COSTA *et al.*, 2011).

Os resultados concordam com avaliação feita por Amaral e Bara (2005) referente à influência da atividade antifúngica do óleo de cravo em concentrações de 0,1 a 0,5% sobre fitopatógenos presentes em sementes de arroz, feijão, soja e milho. Costa *et al.*, (2011), avaliaram a efetiva atividade fungicida do óleo essencial de cravo- da-índia na concentração de 0,15% sobre o crescimento dos fungos *R. solani, F. oxysporum* e *F. solani.* Tal propriedade foi confirmada por Silva (2008), que descreve diminuição do crescimento micelial do fungo *Rhizopus stolonifer*, em meio de cultura com óleo essencial de cravo, em concentrações de 200, 400, 600 e 800 mg $mL^{-1}$.

A atividade antifúngica do óleo essencial está relacionada com sua hidrofobicidade, a qual os permite interagir com os lipídeos da parede, membrana celular e da mitocôndria, alterando a permeabilidade, causando distúrbios nestas estruturas. Os componentes do óleo podem ligar-se a íons e moléculas (hormônios) de outras células (COSTA et al. 2011).

É relatado também por Silva *et al.* (2003) que os antifúngicos naturais provocam danos à membrana celular das células expostas a eles, deixando-as extremamente solúveis e com fraturas grosseiras que acabam por expor o conteúdo celular, inclusive o núcleo.

A metodologia dos discos tem como importância maior fornecer dados iniciais da ação antimicrobiana de produtos naturais, pela facilidade e rapidez de execução (KLANCNIK et al., 2010). Porém, considera-se fundamental a continuidade dos estudos para obtenção de valores de concentração inibitória mínima.

### 6.4. Atividade Antimicrobiana (*in vitro*) do Biofilme Ativo

A tabela 4 apresenta os resultados da atividade antimicrobiana do biofilme. O tipo de inibição para *Colletotrichum* sp foi considerado alto conforme o tamanho do halo de inibição que foi de 24 mm com base na classificação sugerida por Matsuura (2004) (Tabela 1).

. O biofilme não apresentou atividade antimicrobiana frente a *S. boulardii*, sendo assim o tipo de inibição foi classificado como ausente.

Pela figura 7A verifica-se a eficácia *in vitro* do biofilme ativo antimicrobiano frente ao isolado de *Colletotrichum* sp. A inibição ocorreu, possivelmente, devido à abertura da cadeia polimérica promovida pelo composto, que favoreceu a migração do agente antimicrobiano do filme para o meio.

**Tabela 4:** Resultados dos testes de atividade antimicrobiana do Biofilme Ativo

| **Microrganismo** | **Resultado Halo de Inibição(mm)** | **Tipo de inibição** | **Intensidade da Inibição** |
|---|---|---|---|
| *Colletotrichum sp* | 24 | Alta | +++ |
| *Saccharomyces boulardii* | 00 | Ausente | - |

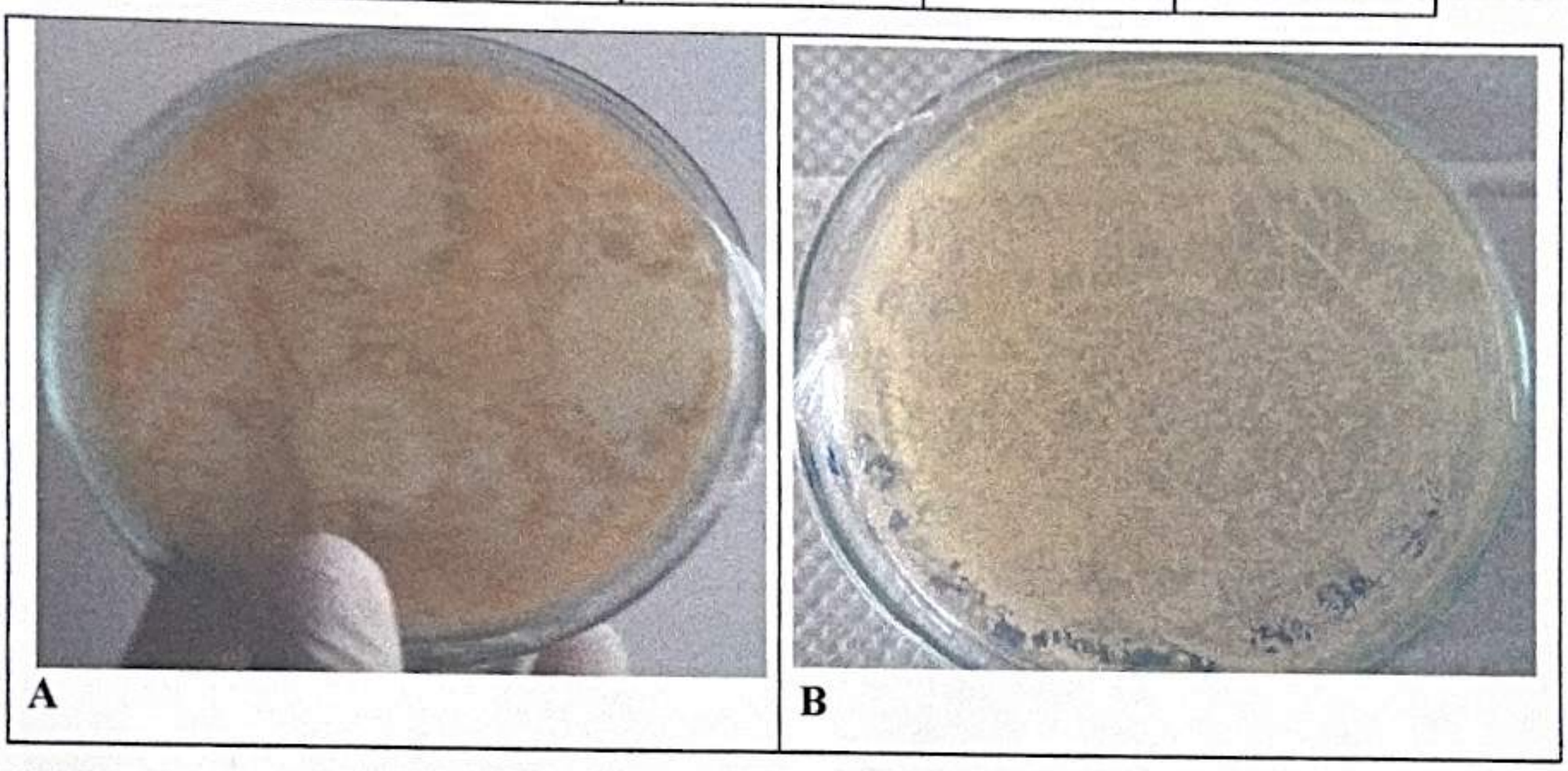


**Figura 7**: **A** Crescimento de *Colletotrichum sp* em torno dos discos do biofilme. **B** Crescimento de *Saccharomyces boulardii* sobre os discos do biofilme. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

Rahman e Brazel (2004) avaliaram que filmes incorporados com ácido sórbico apresentaram efeito antimicrobiano, sendo observada a formação de halos de inibição ao redor do filme quando em contato com o fungo *Penicillium* sp. Os filmes ativos aromatizados apresentaram maior eficiência antimicrobiana, possivelmente, devido à abertura da cadeia polimérica promovida pelo composto, que favoreceu a migração do agente antimicrobiano do filme para o meio. Contra a levedura Saccharomyces boulardii, observa-se na figura 7B, que não ocorreu a difusão do óleo essencial em concentração suficiente para inibir o crescimento da levedura.

Toledo (2000) afirmou que a formação de halo de inibição está relacionada com a difusão do antimicrobiano e com a velocidade de crescimento do microrganismo e que

estes fatores sofrem influência do estado fisiológico da cultura indicadora e da composição do ágar.

De acordo com Bléhaut *et al.*, (1989); Boddy *et al.*, (1991) a levedura utilizada é insensível à ação dos sucos digestivos e de antimicrobianos. Intui-se que devido a isso o biofilme não conseguiu inibir o crescimento da mesma. A S. *boulardii* parece proteger o trato gastrointestinal de processos inflamatórios, com eficácia clínica e experimental, por intermédio de modulação do sistema imunológico (POTHOULAKIS, 2009).

## 6.5. Avaliação da aplicação do biofilme em bananas através da análise das características físicas e sensoriais

O biofilme possibilitou uma melhoria nas características externas das bananas, conferindo aparência brilhante e atraente. Os frutos controle apresentaram durante o amadurecimento, manchas marrom-escuras a pretas, geralmente arredondadas e levemente deprimidas, sintomas típicos de antracnose, conforme Figuras 8A e B.

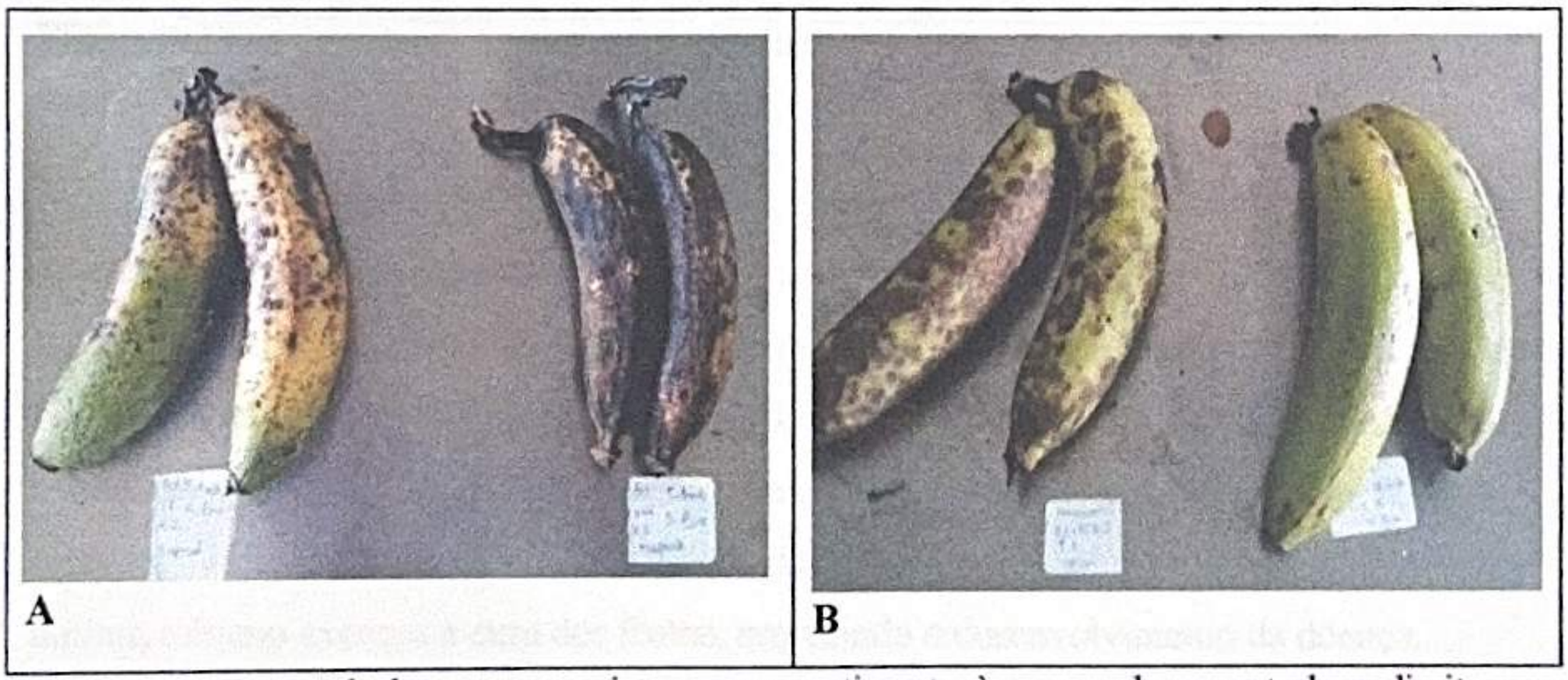


**Figura 8: A** Frutos de banana conquista com revestimento à esquerda e controle a direita com sintomas de antracnose. **B** Frutos de banana Nanica com biofilme à direita e controle à esquerda com sintomas de antracnose. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

De acordo com Kimati *et al.*, (2005) a antracnose caracteriza-se pela formação de lesões escuras e deprimidas sobre as quais, em condições de alta umidade, aparecem frutificações rosadas no fungo. Com o progresso da doença, as lesões aumentam de tamanho, podendo coalescer. Geralmente, a polpa não é afetada,

exceto em condições de alta temperatura ou quando o ponto de maturação é ultrapassado. Os frutos revestidos com biofilme não apresentaram sintomas da doença.

Sarmento (2012), utilizando a mesma concentração de fécula de mandioca que este trabalho, observou o desenvolvimento de fungos nos frutos de banana, conforme Figura 9.

**Figura 9:** Fruto do tratamento amido 4% com ataque de fungo, principalmente nas quinas.
**Fonte:** Cláudia Sarmento, 2012.

Segundo Abayasekara, Ratnayake e Adikaram (1998) o patógeno causador da antracnose infecta os frutos ainda verdes e as infecções permanecem quiescentes até o amadurecimento, quando as lesões escuras desenvolvem-se progressivamente. As bananas com biofilme e controle eram provenientes da mesma penca, desta forma, estima-se que os frutos antes de serem imersos no biofilme antimicrobiano também estavam infectados com o patógeno. Desta forma, intui-se que o biofilme antimicrobiano exerceu a cura dos frutos, impedindo o desenvolvimento da doença.

### 6.5.1. Determinação da vida de prateleira e coloração das bananas submetidas a aplicação do biofilme

Com relação à vida útil das bananas os resultados representados na Figura 10 indicaram que os frutos revestidos com o biofilme tiveram um aumento de vida de prateleira de três dias (Variedade Conquista) e quatro dias (Variedades Nanica, Prata e Tropical) quando comparados aos frutos controle. Nos frutos revestidos, o biofilme exerceu a função de atmosfera modificada, assim reduzindo a taxa respiratória e consequentemente retardando a maturação dos mesmos.

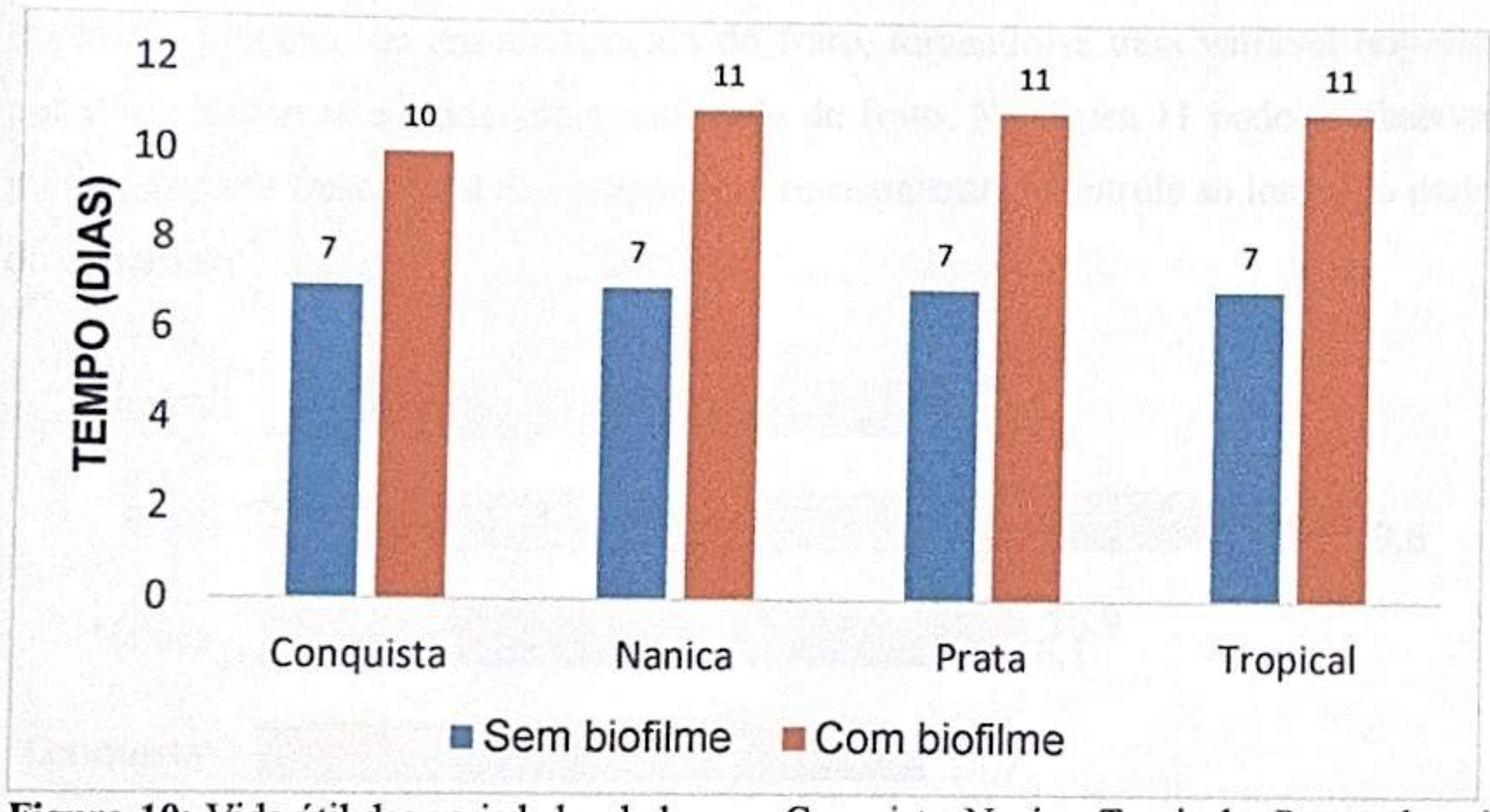


**Figura 10:** Vida útil das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

A atmosfera modificada pode ser aplicada pelo envolvimento de frutas e hortaliças em filmes poliméricos, ceras ou biofilmes, expostos a baixas temperaturas ou, mesmo, em temperatura ambiente (CHITARRA e CHITARRA, 1990), ocasionando assim redução de perda de água e diminuição da atividade respiratória. A síntese e ação do etileno poderão ser minimizadas, retardando a senescência, refletindo, portanto, na dilatação do período de comercialização.

O principal efeito da modificação da atmosfera parece ser sobre a síntese do etileno. Este regulador de crescimento desencadeia muitos dos processos envolvidos no amadurecimento dos frutos, dentre eles, a elevação na taxa respiratória. Como sua

síntese requer oxigênio, a diminuição dos níveis de $O_2$ do ar atmosférico afeta a produção endógena de etileno (LANA e FINGER, 2000).

Scanava Júnior et al., (2007) aumentaram em 3 dias na vida útil da manga "Surpresa", com aplicação de biofilme de 3% de fécula de mandioca. Vieira *et al.*, (2009) com aplicação de biofilme de 3% de fécula de mandioca retardaram o amadurecimento de mangas 'Tommy Atkins' em oito dias em relação ao controle.

### 6.5.2. Perda de massa fresca

A perda de massa traduz-se como a expressão percentual da perda de umidade durante o processo de armazenamento do fruto, tornando-se uma variável importante por estar diretamente associada à qualidade do fruto. Na figura 11 pode-se observar a perda de massa fresca final nos grupos com revestimento e controle ao longo do período do experimento.

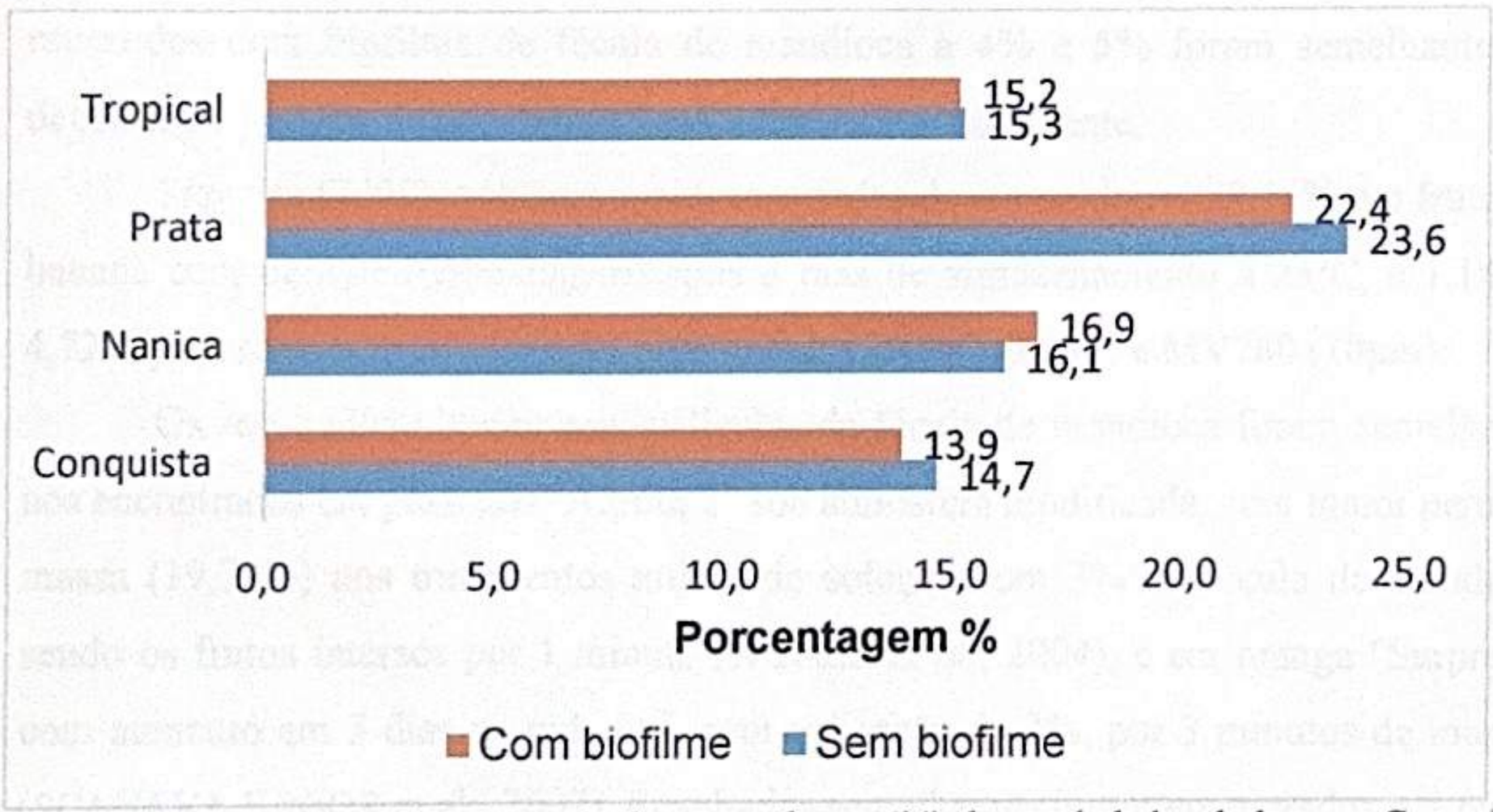


**Figura 11:** Valores médios da perda de massa fresca (%) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle no estágio sete de maturação. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

Considerando-se o valor aceitável da perda de massa fresca entre 5 e 10% (KADER, 2002), verificou-se que todos os tratamentos não se mantiveram turgidos e apresentaram perdas de massa fresca prejudiciais do ponto de vista qualitativo. Principalmente a cultivar prata que apresentou valores em torno de 23%.

Não houve diferenças significativas da perda de massa fresca entre os frutos revestidos e controle. Constata-se, assim, que o biofilme é semipermeável, e que os frutos continuaram respirando e perdendo água, e consequentemente massa, com o passar do tempo.

Silva *et al.* (2011) analisando banana prata revestida com diferentes concentrações de amido gelatinizado e sob refrigeração observaram que, quanto maior foi a percentagem de amido maior também foi a perda de peso mas este incremento na perda foi devido ao próprio revestimento e não às bananas haja vista que, quanto maior foi a percentagem de amido maior também foi a camada de revestimento e, em consequência, maior foi seu peso.

Vicentini *et al.*, (1996) avaliando pimentão cultivar 'Magali R'. usando película a 3% que implicou perda de massa de 22,61%. Também não observaram diferenças significativas entre os frutos revestidos e controle.

Lemos *et al*, (2007) utilizando de biofilme comestível na conservação de pimentão 'Magali R'A, observaram que a perda de massa dos frutos controles e dos revestidos com biofilme de fécula de mandioca a 4% e 5% foram semelhantes no decorrer do período de armazenamento à temperatura ambiente.

Siqueira (2008), encontrou maiores perdas de massa de até 28,11% em frutos de banana controle (sem embalagem) após 8 dias de armazenamento à 25°C, e 1,18% e 4,72% para frutos embalados com membranas MN860 (µm16) e MV760 (10µm).

Os resultados obtidos com películas de fécula de mandioca foram semelhantes aos encontrados em pêssegos "Aurora 2" sob atmosfera modificada, com maior perda de massa (19,72%) nos tratamentos utilizando solução com 3% de fécula de mandioca, sendo os frutos imersos por 1 minuto (NUNES *et al.*, 2004), e em manga "Surpresa", com aumento em 3 dias na vida útil, com aplicação de 3%, por 3 minutos de imersão (SCANAVA JÚNIOR et al., 2007). Resultados semelhantes foram encontrados por outros pesquisadores trabalhando com outras frutas e hortaliças. Porém, quando comparada com outros revestimentos, como ceras ou PVC, a fécula de mandioca promove resultados inferiores (REIS *et al.*, 2006).

Vicentini *et al.* (1996) relataram a baixa eficiência da película de fécula de mandioca em prevenir a perda de massa quando aplicada em pimentão, entretanto Cereda et al. (1992) trabalhando com mamão, obtiveram resultados satisfatórios.

Damatto Júnior. *et al.* (2005) caracterizaram frutas de bananeira Prata Anã durante 12 dias de armazenamento e verificaram o aumento da perda de massa ao longo dos dias de 4,25% para 20,4%, do 3° dia para o 12° dia, respectivamente.

A perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de peso, mas também em perda de qualidade, principalmente pelas alterações na textura. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas àquelas responsáveis pelo murchamento ou enrugamento devem ser evitadas. O murchamento pode ser retardado, reduzindo-se a taxa de transpiração, o que pode ser feito por: aumento da umidade relativa do ar; diminuição da temperatura; redução do movimento do ar e o uso de embalagens protetoras (BARROS *et al.*, 1994).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a perda de massa está intimamente associada à perda de água, que é minimizada no armazenamento sob atmosfera modificada, devido ao aumento da umidade relativa no interior da embalagem, saturando a atmosfera ao redor do fruto, o que proporciona a diminuição do déficit de pressão de vapor d'água em relação ao ambiente de armazenamento, minimizando a taxa de transpiração.

Santos *et al.* (2006), estudando a influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana Prata-Anã, encontrou valores de 10% de perda de massa para os frutos controle e 3,5%, em frutos armazenados à 12,5°C durante 40 dias submetidos aos tratamentos de atmosfera controlada de 2 kPa de $O_2$ + 4 kPa de $CO_2$ (2/4), 3 kPa de $O_2$ + 7 kPa de $CO_2$ (3/7) e 4 kPa de $O_2$ + 10 kPa de CO*2* (4/10).

### 6.5.3. Teores de sólidos totais solúveis

Em relação aos sólidos solúveis totais Figura 12, não houve diferença significativa entre os frutos revestidos com o biofilme e os frutos controle. No entanto, entre as variedades, a Prata e a Tropical, apresentaram resultado semelhante, variando 23,5 a 23,9 °Brix, sendo estes os maiores valores encontrados neste trabalho. A variedade conquista apresentou valores entre 21,4 e 21,9. A variedade Nanica apresentou os menores valores de sólidos totais solúveis 18,5 a 20,1.

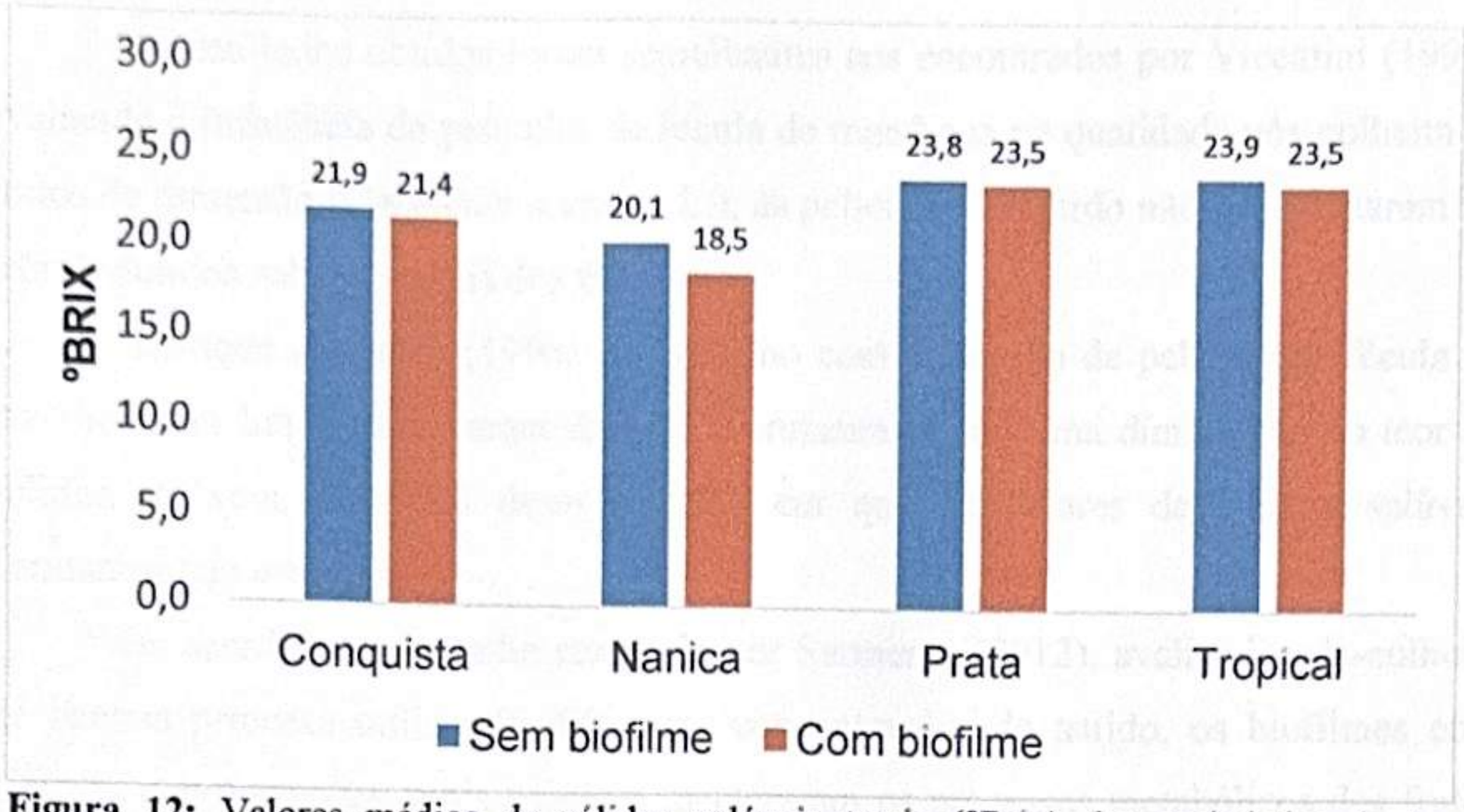


**Figura 12:** Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle analisadas no estágio 7 de maturação. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

De acordo com Vilas Boas et al. (2004) os sólidos solúveis são usados como indicadores de maturidade e também determinam à qualidade da fruta, exercendo importante papel no sabor.

O aumento no teor de sólidos solúveis durante a maturação dos frutos ocorre, principalmente, devido à conversão de amido em açúcares, porém os biofilmes desenvolvem a função de retardar a maturação dos frutos. Eles possuem potencial para controlar a perda de umidade e para controlar também a troca de oxigênio, etileno e dióxido de carbono do tecido de frutas; desta forma podem controlar a respiração do produto e aumentar sua vida de prateleira (TANADA-PALMU et al., 2002).

Siqueira (2008), estudando a conservação pós-colheita de genótipos de bananeiras resistentes à Sigatoka Negra por atmosfera modificada, encontrou para os frutos de banana FHIA 02 sem embalagem armazenadas à 25°C um acréscimo no teor de sólidos solúveis para valores próximos de 25°Brix, já para os tratamentos com embalagem atingiram valores em torno de 15°Brix.

Pelos resultados obtidos para a embalagem biodegradável e ativa com óleo essencial de cravo-da-índia, realizada neste trabalho não verificou-se alteração no °Brix nas amostras de bananas revestidas.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Vicentini (1999), avaliando a influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.), as películas de amido não influenciaram no teor de sólidos solúveis totais dos frutos.

Henrique e Cereda (1996) em trabalho com aplicação de película de fécula de mandioca em limão observaram durante o armazenamento uma diminuição no teor de sólidos solúveis, diferindo deste trabalho em que os valores de sólidos solúveis permaneceram estáveis.

De acordo com trabalho realizado por Sarmento (2012), avaliando pós-colheita de banana princesa utilizando diferentes concentrações de amido, os biofilmes com maiores concentrações, mais espessos, aceleraram os processos metabólicos dos frutos da banana, provavelmente por apresentarem uma barreira maior para as trocas gasosas com o ambiente, concentrando os gases no interior dos frutos. Somente o tratamento de amido à 2% apresentou-se diferente dos demais no 8º dia de análise, apresentando menores valores de sólidos solúveis de seus frutos, mostrando-se eficiente no retardo do metabolismo dos mesmos.

Cardoso et al. (2008), trabalhando na utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de bananas Pacovan, apresentou um teor de sólidos solúveis de aproximadamente 20°Brix para os frutos sem embalagem após 9 dias de armazenamento, enquanto os frutos com embalagem de cera de carnaúba ficaram em torno de 16° Brix, menores teores apresentaram os frutos embalados com filmes de PVC, com teores de aproximadamente 12°Brix.

Os valores médios encontrados estão abaixo do verificado por Damatto Júnior. *et al.* (2005) que caracterizaram frutas de bananeira Prata Anã durante 12 dias de armazenamento e verificaram o aumento dos sólidos solúveis totais, com uma média de 17,23°Brix.

Fernandes *et al.*, (1979) verificaram o aumento no teor de sólidos solúveis na banana Prata armazenada na temperatura ambiente 23°C a 79,5% de umidade relativa. Os valores aumentaram de 3,40°Brix no estádio verde, para 26,0°Brix no estádio muito maduro.

### 6.5.4. Acidez Titulável

Com relação aos valores de acidez titulável constata-se na Figura 13 que não houve diferença significativa entre os frutos revestidos e os frutos controle. No entanto, entre as variedades observou-se que as variedades Tropical e Conquista apresentaram-se com um maior teor de acidez de 0,43 a 0,45 para a Conquista e 0,41 a 0,47 para a variedade Tropical. As variedades Nanica e Prata apresentaram os menores valores 0,25 a 0,32 e 0,29, respectivamente. Os valores de acidez encontrados para as cultivares variaram entre 0,25 a 0,47, respectivamente; valores dentro da faixa dos encontrados na literatura, que variam de 0,17% a 0,67% para frutos de banana (DAMATTO JÚNIOR *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2011).

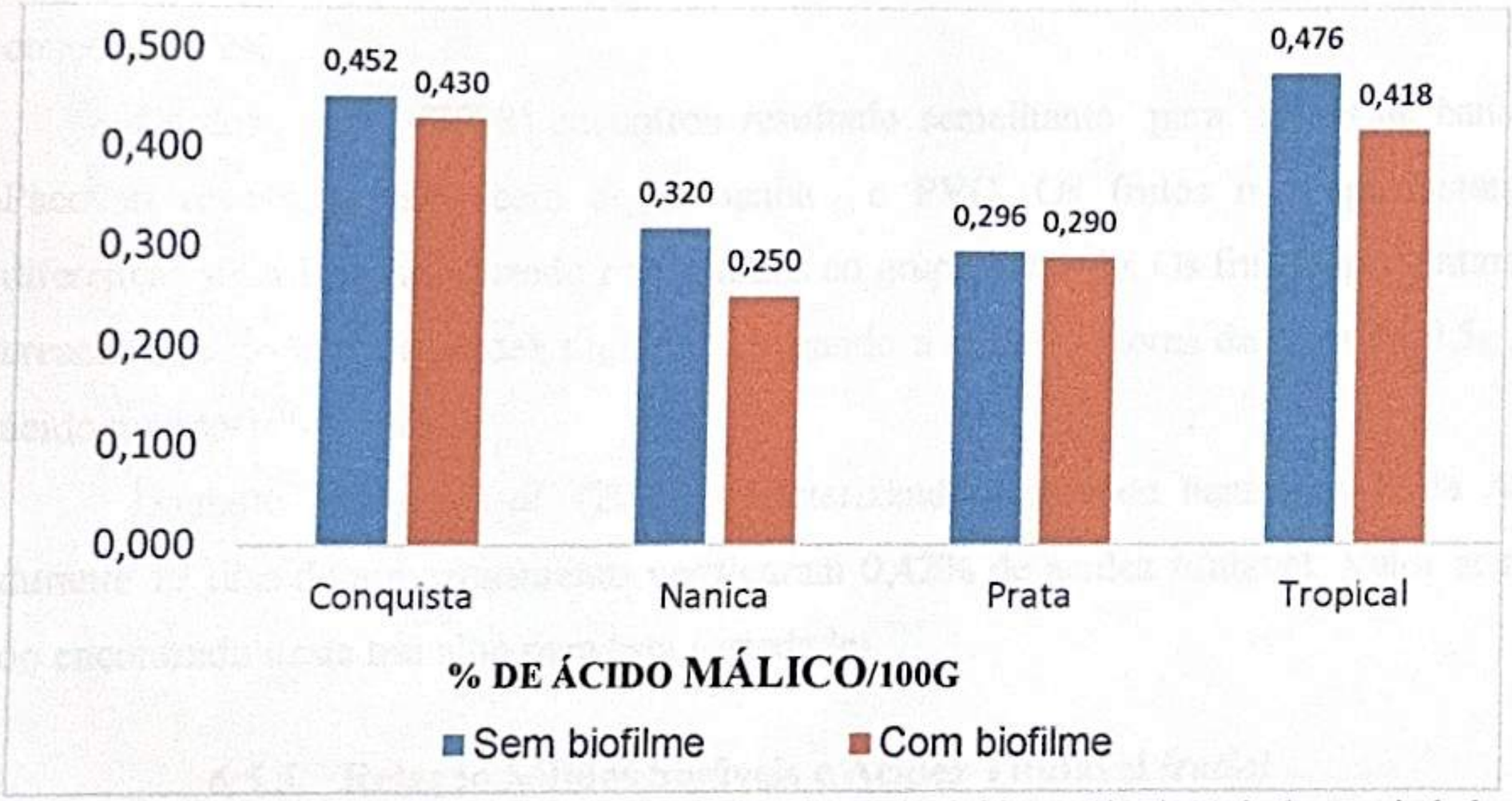


**Figura 13:** Valores médios de Acidez Titulável (% de ácido málico/100g) das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle analisadas no estágio 7 de maturação. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

A acidez das bananas aumenta durante o período de maturação. Segundo Pimentel et al. (2010) a acidez dos frutos pode diminuir ou aumentar, dependendo da espécie em questão, pois os ácidos orgânicos são utilizados na respiração para produção de ATP, resultando na diminuição da acidez dos frutos, como também o próprio processo respiratório produz ácidos orgânicos que podem acumular-se no fruto, ocasionando leve aumento de sua acidez.

Este fato não ocorre porque a banana é um fruto rico em reservas de amido, carboidrato bastante utilizado nos processos metabólicos da respiração, de modo que não se faz necessária a utilização dos compostos ácidos, o que acarreta no seu acúmulo com o tempo.

A acidez titulável está amplamente associada á firmeza do fruto, já que a degradação da parede celular, realizada pela ação de duas enzimas, a pectinametilesterase e a poligalacturonase, tem como produto final a formação do ácido péctico e ácido galacturônico, aumento assim o teor de acidez titulável dos frutos (SARMENTO, 2012).

Sarmento (2012) constatou que não houve diferenças significativas no teor de acidez em banana Princesa revestida com fécula de mandioca em diferentes concentrações.

Cardoso *et al.* (2008) encontrou resultado semelhante para frutos de banana Pacovan revestidos com cera de carnaúba e PVC. Os frutos não apresentaram diferenças significativas, quando comparados ao grupo controle. Os frutos apresentaram crescimento no teor de acidez titulável, chegando a atingir valores de mais de 0,5g de ácido málico/100g de fruto.

Damatto Júnior. *et al.* (2005) caracterizando frutos de bananeira Prata Anã durante 12 dias de armazenamento verificaram 0,42% de acidez titulável. Valor acima do encontrado neste trabalho para esta variedade.

### *6.5.5.* Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável *(ratio)*

A Figura 14 apresenta os valores médios da relação sólidos solúveis e acidez titulável *(ratio)* entre as diferentes variedades de banana submetidas ao tratamento com biofilme e controle. Não houve diferença significativa entre os frutos revestidos com o biofilme e o controle. Porém, entre as variedades estudadas, os frutos das variedades Prata e Nanica, apresentaram a maior relação, valores variando entre 84,3 a 88,6 e 66 a 76,5, respectivamente. As variedades Tropical e Conquista apresentaram os menores valores entre 49,8 e 58, 1.

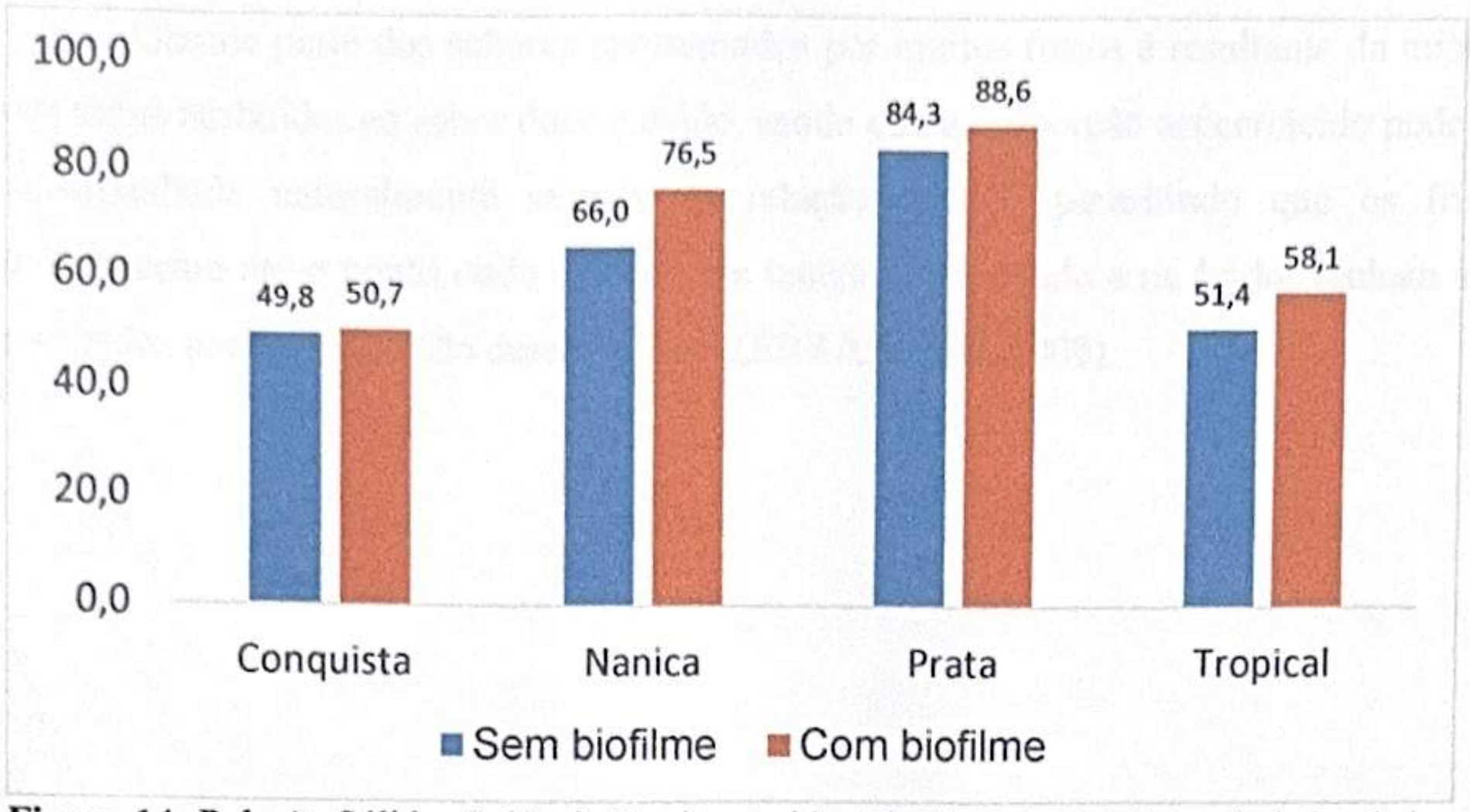


**Figura 14:** Relação Sólidos Solúveis Totais e Acidez Titulável *(ratio)* das variedades de banana Conquista, Nanica, Tropical e Prata submetidas ao tratamento com biofilme e controle. **Fonte:** Josemar Gonçalves Oliveira Filho, 2015.

Esta relação é uma das formas mais utilizadas para a avalição do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005)

Pesquisa realizada por Cerqueira *et al* (2002) observou que para o genótipo de banana Nam, o valor da relação foi de 109,21, outro trabalho realizado por Pereira *et al.* (2011) observaram para as cultivares Prata, Maçã e Nanica os valores médios de 93,5, 83,8 e 91,7 respectivamente, e outro trabalho de Salles et al (2006) os valores oscilaram de 47,83 a 61,91, para as cultivares Prata, Maçã e Nanica e mesmo estágio de maturação.

A variedade Prata quando comparada as demais cultivares apresentou-se como maior *ratio*, sendo seguida pela Nanica, Tropical e conquista, respectivamente.

A relação SS/AT é um dos parâmetros mais utilizados na avaliação da maturidade comercial de frutos, por refletir o balanço entre os açúcares e os ácidos, sendo muito importante e desejável nos frutos como uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Machado *et al.* (2003) esta razão é também um parâmetro utilizado para determinação da palatabilidade dos frutos, e normalmente, quanto maior o valor do ratio, mais agradável ao paladar é o suco ou polpa de fruta, uma vez que o teor de sólidos solúveis totais é alto e/ou acidez total é baixa. Cerqueira (2000), avaliando diferentes genótipos de banana observou uma relação SST/AT de 33,7 a 109,2.

Grande parte dos sabores apresentados por muitos frutos é resultante da mistura das notas atribuídas ao sabor doce e ácido, sendo que a proporção açúcar/ácido pode ser acompanhada naturalmente através da relação SS/AT, permitindo que os frutos amadureçam até o ponto onde os açúcares tenham aumentado e os ácidos tenham sido reduzidos para a proporção desejável (BEZERRA; DIAS, 2009).

# 7. CONCLUSÃO

O biofilme elaborado apresentou viabilidade de produção com a incorporação de substâncias lipídicas, como o óleo essencial de cravo-da-índia ao filme biopolimérico de amido e glicerol.

Foi possível comprovar a função antimicrobiana da embalagem e também do óleo essencial extraído do cravo-da-índia, com relação ao isolado do principal fungo envolvido nos processos de decomposição e alterações no pós-colheita de bananas.

Os resultados do trabalho também permitem a conclusão de que o filme produzido quando aplicado nas quatro variedades de bananas, como embalagem apresentou-se extremamente eficiente, pois garante a conservação, a melhoria das características dos produtos sem alterar as propriedades originais do alimento.

Conclui-se também que a utilização do biofilme amplia a vida de prateleira de forma significativa, além de melhorar as características de aparência, brilho e atratividade.

O uso de biofilmes apresentou como vantagens a redução dos efeitos da maturação e melhoria da aparência e melhores características sensoriais.

Conclui-se que o desenvolvimento de uma embalagem biodegradável e ativa com função antimicrobiana devido à incorporação de óleo essencial extraído do cravo-da-índia, com aplicação no pós-colheita de bananas apresentou-se como uma inovação tecnológica e de processo de importância na conservação de alimentos, no atendimento a demanda dos consumidores por produtos seguros, ecologicamente sustentáveis e sem adição de produtos químicos sintéticos.

# 8. REFERÊNCIAS


ABAYASEKARA, C.; RATNAYKE, S.; ADIKARAM, N. K. B. **Resistance of banana fruit to fungal diase: na overviem**. In: JONSON, G. I.; HIGHLEY, E,; JOYCE, D. C. (Ed.). Diase resistance in fruit. Camberra: ANCIAR, 1998. P. 93-104

ABDORREZA, M. N.; CHENG, L. H.; KARIM, A. A. **Effects of plasticizers on thermal properties and heat sealability of sago starch films.** Food Hydrocolloids, v. 25, n. 01, p. 56-60, jan. 2011.

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 382p.

ALMEIDA, G.C.; VILAS BOAS, E.V. de B.; RODRIGUES, L.J.; DE PAULA, N.R. **Atraso do amadurecimento de banana 'maçã' pelo 1-MCP, aplicado previamente à refrigeração**. Rev. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

AMARAL, M.F.Z.J.; BARA, M.T.F. **Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento de fitopatógenos.** Revista Eletrônica de Farmácia, v.2, n.2, p.5-8, 2005.

AMARANTE, C.; BANKS, N. H. **Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables.** J. Horticultural Reviews, v. 26, p. 161-238, 2001.

ANKER, M.; STADING, M.; HERMANSSON, A. **Aging of whey protein films and the effect on mechanical and barrier properties.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 49, n. 2, p. 989-995, 2001.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/embalagens.htm. Acesso em 11 de mai de 2015.

AOYAMA, K. **Estudo de mercado: Bioplástico.** Embaixada do Brasil em Tóquio. Tóquio: SECOM – Setor de Promoção Comercial, 2007, p. 1.

AZEREDO, H. M. C., **Películas Comestíveis em Frutas Conservadas por Métodos Combinados: Potencial a Aplicação**. B. CEPPA. Curitiba, v. 21, n. 2, p. 267-278, 2003.

BARROS, J. C. da S. M. de, GOES, A. de, MINAMI, K. **Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.)**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 363-368., 1994.

BENATO, E. A.; CIA, P.; SOUZA, N.L. **Manejo de doenças de frutas pós-colheita**. In: LUZ, W.C. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v.9, p.403- 440, 2001.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco.** 2003. 148 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BEZERRA, V. S.; DIAS, J. S. A. Avaliação físico-química de frutos de bananeiras. Revista Acta Amaz. vol.39 no.2 Manaus, 2009

BLÉHAUT, H.; MASSOT, J.; ELMER, G.W.; LEVY, R.H. **Disposition kinetics of *Saccharomyces boulardii* in man and rat.** Biopharm. Drug. Disp., v. 10, 1989, p. 353-364.

BODDY, A.V.; ELMER, G.W.; MCFARLAND, L.V.; LEVY, R.H. **Influence of antibiotics on the recovery and kinetics of *Saccharomyces boulardii* in rats.** Pharm. Res., v. 8, 1991, p. 796-800.

BOMFIM, G. F. **Atividade Antimicrobiana de microrganismos isolados de cupinzeiros da região da mata de cipó, Bahia**. 2010. 70f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.

BORGES, D. I. **Óleos essenciais no comportamento da antracnose e na pós-colheita de banana Prata.** 2011 154 p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras 2011.

BOSQUEZ-MOLINA, E.; JESÚS, S. B.; BAUTISTA, S. B.; CALVO, J. R. V.; LÓPEZ, J. M. **Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifera* in stored papaya fruit and their possible application in coatings.** Postharvest Biology and Technology, Washington, v.57, n.2, p.32-137, 2010.

CAGRI, A.; ZEYNEP, U.; RYSER, E.T. **Antimicrobial edible films and coatings**. Journal Food Protection, v.67, n.4, p.833-848, 2004.

CARDOSO, J. M. da S.; SANTOS, A. E. O.dos; LIMA, M. A. C de; MARQUES, M. A. D.; SILVA, M. G. da. **Utilização de Atmosfera Modificada na Conservação Pós-Colheita de Bananas Pacovan**. III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Fortaleza – CE, 2008.

CARULO, M.F., **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos contendo sorbato de potássio, feitos de alginato de cálcio e ácidos graxos.** 2005. 75p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005.

CEAGESP. Normas de Classificação 2006. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/hortiescolha_apresentacao.pdf> Acesso em: 11 Mar 2015.

CEREDA, M. P.; BERTOLINE, A. C.; EVANGELISTA, R. M. **Uso do amido em substituição às ceras na elaboração de "filmes" na conservação pós–colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7., 1992, Recife. Resumos... Recife: Sociedade Brasileira de Mandioca, 1992. p. 107.

CEREJA, B.S. **Caracterização agronômica, qualidade físico-química e composição mineral de genótipos de bananeira no Norte Fluminense.** 2005. 96p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, *Campus* dos Goytacazes – RJ, 2005.

CERQUEIRA, R. C.; SILVA, S. O.; MEDINA, V. M. **Característica da maturação póscolheita e resistência ao despencamento de genótipos de bananeira (*Musa* spp).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16, 2000, Fortaleza. Resumos: Fortaleza: SBF/EMBRAPA, 2000. p. 119.

CHANDRASEKARAN M.; VENKATESALU V. 2004. **Antibacterial and antifungal activity of *Syzygium jambolanum* seeds**. Journal Ethnopharmacol 91: 105-108.

CHITARA, A. B.; CHITARA, M. I. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio**. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005.

COELHO, A.F.S.; DIAS, M.S.C.; RODRIGUES, M.L.M.; LEAL, P.A.M. **Controle pós-colheita da antracnose da banana-prata anã tratada com fungicidas e mantida sob refrigeração**. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v.34, n.4, p.1004-1008, 2010.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira (Musa spp.). In: KIMATI, H.;AMORIM, L., et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. Quarta edição. São Paulo: Editora Ceres, v.2, 2005. p.99-117.

COSTA, A. R. T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; RESVENZOL, L. M. F.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. **Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos.** Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 13, n.2, p.240-245, 2011.

CUNHA, L.R.; SOARES, N.F.F.; ASSIS, F.C.C.; MELO, N.R.; PEREIRA, A.F.; SILVA, C.B. **Desenvolvimento e avaliação de embalagem ativa com incorporação de lactase.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(supl.): 23-26, ago. 2007.

DAFERERA, D. J.; ZIOGAS, B.N.; POLISSIOU, M.G. **The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium sp.*, and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.** Journal of Crop Protetion, v.22, p.39-44, 2003.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; CAMPOS, A. J.; MANOEL, L.; MOREIRA, G.C.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R.M. **Produção e caracterização de frutos de bananeira 'Prata-Anã' e 'Prata Zulu'.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.27, n. 3, p.440-443, set./dez. 2005.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S.M.A.; MICHEREFF, S. J.; NASCIMENTO, L.C.; GURGEL, L.M. S.; PESSOA, W. R. L. S. **Doenças fúngicas póscolheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife**. Fitopatologia Brasileira, 28(5), 528-533. 2003.

FAKHOURI, F. M.; MARTINELLI, M. S.; BERTAN, L. C.; YAMASHITA, F.; MEI, L. H. I.; QUEIROZ, F. P. C. **Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties.** LWT - Food Science and Technology, v. 49, n. 01, p. 149-154, nov. 2012.

FAKHOURI, F. M.; WATANABE, K. M.; BEPPU, M. M.; COLLARES, F. P. **Estudo da influência da concentração de proteína em biofilmes de gelatina plastificados com sorbitol.** In: SLACA – SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. 2005.

FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. Acesso em: 02 março. 2015. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 11 mar. 2015.

FAO- Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. O desperdício alimentar tem consequências ao nível do clima, da água, da terra e da biodiversidade – novo estudo da FAO. Set/2013 Disponível em:http://www.fao.org/news/story/pt/item/204029/icode/. Acesso em: 15 de abr 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Production. Prod STAT -Crops. 2013. Disponivel em:http://www.faostat.org/news/ Acesso em: 19 de abr 2015.

FAO. Global food losses and food waste. Internacional Congress Save Food. Rome, 2011.

FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D. de; CAL-VIDAL, J. **Physical changes during ripening of silver bananas**. Journal of Food Science, v.44, p.1254, 1979.

FERNANDES, S.O.; BONALDO, S.M. **Controle de antracnose (*Colletotrichum musae*) e conservação em pós-colheita de banana 'nanica' no norte de mato grosso**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011.

GAYOSO, C.W.; LIMA , E. O.; OLIVEIRA , V. T.; PEREIRA , F, O.; SOUZA, E. L.; LIMA, I. O.; NAVARRO, D. F. **Sensitivity of fungi isolated from onychomycosis to *Eugenia cariophyllata* essential oil and eugenol**. Fitoterapia, v.76, p.247-9, 2005.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários.** Revista Química Nova v30: p. 374-381, 2007.

GULLINO, M.L. **Lotta biologica a funghi agenti di marciumi della frutta in post-raccolta**. Informatore Fitopatolico 4:5-13. 1994.

HAN, J. H. **Antimicrobial food packaging. In: Ahvenainen R (Ed.) Novel food packaging techniques.** Washington, CRC Press. p. 69-89, 2003.

HAN, J. H. **Antimicrobial packaging systems.** In: HAN, J. H. Ed. Innovations in food packaging. Baltimore, Elsevier Science e Technology Books. p. 80-107, 2005

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. **Película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão Siciliano desverdecido, I-dados preliminares**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1 e CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996, São Pedro-SP. Anais ... São Pedro: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1996. n. 131.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. **Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(1): 231-240, 2008.

IBRAF. Estatísticas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_12ID-U0HVGp1W7.pdf>. Acesso em: 27 de abr 2015.

JACOMINO, A.P. **Pós-colheita de frutas e hortaliças.** Disponível em: <http://www.agrorganica.com.br/ pos_colheita.htm>. Acesso em: 10 mar. 2015.

KADER, A.A. **Postharvest biology and technology: an overview.** In: KADER, A.A. (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3rd ed. Berkeley: University of California, 2002. p. 39-47.

KARAMAN, İ.; ŞAHIN, F.; GULLUCE, M.; OGUTÇU, H.; SENGUL, M.; ADIGUZEL, A. 2003. **Antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts of *Juniperus oxycedrus* L.** Journal Ethnopharmacol 85: 231-235.

KECHICHIAN, V.; DITCHFIELD, C.; SANTOS, P. V.; TADINI, C.C. **Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable filmsbased on cassava starch. LWT** - Food Science and Technology, v. 73, p. 1088- 1094, 2010.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; **Manual de fitopatologia**: Doenças das plantas cultivadas. 4ª Ed. Vol. 2, pag. 99 a 117 – São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

KLANCNIK, A., PISKERNIK, S., JERSEK, B.; MOZINA, S.S. **Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts**. Journal of Microbioly Methods. v.81, p.121-126, 2010

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília:** EMBRAPA Comunicação para transferência de tecnologia / EMBRAPA Hortaliças, 2000. 34p.

LAROTONDA, F. D. S. **Desenvolvimento de biofilmes a partir da fécula de mandioca.** 80p 2002. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LEMOS, O.L.; REBOUÇAS, T.N.H.; SÃO JOSÉ, A.R.; VILA, M.T.R.; SILVA, K.S. **Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão 'Magali R' em duas condições de armazenamento.** Bragantia, Campinas, v. 66, n. 4, 2007.

LOPES, F.A.; SOARES, N. F. F.; LOPES, C. C. P.; SILVA, W. A. **Desenvolvimento e caracterização de filmes de base celulósica incorporados com aldeído cinâmico**. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 17, n. 1, p. 33-40, 2014

LUCENA, C.C.; SILVA, A.C.; SILVA, A.C.; FEITOSA, H.O.; ALMEIDA, F.F.D.; CONEGLIAN, R.C.C.; VASCONCELLOS, M.A.S. **Efeito da película de amido na conservação pós-colheita de frutos de banana cv. "nanicão"**. Agronomia, v.38, n°.2, p. 34 - 37, 2004.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; RAMACHANDRAN, S.; SMITH, D. R.; ALDERSON, G. **Control of Postharvest Anthracnose of Banana Using a New Edible Composite Coating. Crop Protection**, 29, 2010.

MATSUURA, T. **Caracterização taxonômica de actinomicetos endofíticos produtores de antibióticos isolados de cupuaçuzeiro *(Theobromagrandiflorum Schum).*** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2004.

MAU, J. L.; CHEN, C. P.; HSIEH, P. C. **Antimicrobial effects of extracts from Chinese chive, cinnamon and corn fructus**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49:183-188, 2001.

MAZZAFERA, P. **Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol.** Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.26, n.2, p.231-238, jun. 2003.

NASCIMENTO, G. G. F.; LOCATELLI J.; FREITAS, P. C.; **Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic – resistant bacteria.** Brazilian Journal of Microbiology, 31:247- 256, 2000.

NCCLS. **National Committee For Clinical Laboratory Standards. Padronização dos Testes de sensibilidade a antimicrobianos por disco-difusão:** Norma Aprovada - M2- A8. 8. ed. USA: NCCLS, 2003. 58 p.

NUNES, E. E.; VILAS-BOAS, B. M.; CARVALHO, G. L.; SIQUEIRA, H. H.; LIMA, L. C. O. **Vida útil de pêssegos 'Aurora2' aramazenados sob atmosfera modificada e refrigerada.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 438-440, 2004.

OLIVEIRA, B. F. **Película de amido de mandioca, associada ou não, a óleos essenciais no controle pós-colheita da antracnose em mamão.** 2003 92p Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras- UFLA, 2013.

OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. **Revisão: Principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas.** Brazilian Journal of Food Technology, 7: 161-165, 2004.

OLIVER, L.; MEINDERS, M. B. J. **Dynamic water vapour sorption in gluten and starch films.** Journal of Cereal Science, v. 54, p. 409-416, 2011.

PEREIRA, V. M. O. **Qualidade pós-colheita de cultivares de bananas comercializadas em pombal - pb.** Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde De Agricultura Alternativa (GVAA), Pombal - Pb, v. 5, n. 1, p.49-55, mar. 2011. 2011.

PESSOA, W.R.L.S.; OLIVEIRA, S.M.A.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C. H.; SANTOS, A.M.G. **Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana.** Rev. Summa Phytopathologica, Botucatu, v.33, n.2, p.147-151, 2007.

PETRIKOSKI, A. P. **Elaboração de biofilmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com ureia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco/PR, 2013.

PIMENTEL, R. M. de A.; GUIMARÃES, F. N.; SANTOS, V. M. dos; RESENDE, J. C. F de. **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.

PINTO, E.; VALE-SILVA, L.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. **Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum (Eugenia caryophyllus)* on *Candida, Aspergillus* and *dermatophyte*** species. Journal Med Microbiol 58:1454-1462, 2009.

PINTO, T. J. A.; KANEKO, T. M.; OHARA, M. T. 2003. **Controle Biológico de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, Correlatos e Cosméticos.** 2.ed. São Paulo: Atheneu Editora, 325 p.

PONCE, A. G.; VALLE, C. E.; ROURA, S. I. **Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss Chard**. Lebensm Wiss Technol., v. 37, p. 679-784, 2003.

POTHOULAKIS, C. **Review article: anti-inflammatory mechanisms of action of *Saccharomyces boulardii*.** Aliment. Pharmacol. Ther. v. 15, p.- 826-833,2009.

PRADELLA, J. G. C. - **"Biopolímeros e Intermediários Químicos",** relatório técnico nº 84396-205, Centro de Tecnologia de Processos e Produtos, Laboratório de Biotecnologia Industrial – LBI/CTPP (2006).

QUINTERO, R. I.; GALOTTO, M. J.; GUARDA, A.; RODRÍGUEZ, F. J.; BRUNA, J.E. **Preparation and characterization of cellulose acetate butyrate/organoclay nanocomposite with antimicrobial activity.** Anais, Foz do Iguaçú: IUFOST, 2012.

RABANAL, R. M.; ARIAS, A.; PRADO, B.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, M.; SÁNCHEZ-MATEO, C. C. **Antimicrobial studies on three species of *Hypericum* from the Canary Islands.** Journal Ethnopharmacol 81: 287-292, 2002.

RAHMAN, M.; BRAZEL, C.S. **The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges.** Progress in Polymer Science, v.29, n.12, p.1223-1248, 2004.

RANASINGHE, L.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K. **Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. pathogens isolated from banana.** Lett Appl. Microbiol., v. 35, p. 208-211, 2002.

REIS, K. C.; ELIAS, H. H. S.; LIMA, C. O.; SILVA, J. D.; PEREIRA, J. **Pepino-japonês (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca.** Ciências Agrotécnica, Lavras, v. 30, n. 3, p. 487-493, 2006.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e farmacobiotecnologia.** São Paulo: Premier,. 372 p. 1997

SALLES, J. R. de J.; Neto, J. A. M.; Gusmão, L. L. **Qualidade da banana 'Pacovan' comercializada no período maio–outubro de 2003 em São Luís-MA.** Revista FZVA. v. 13, n. 2, p. 190- 196, 2006.

SANTOS, C. M. S.; VILAS BOAS, E. V. de; BOTREL, N.; PINHEIRO, A. C. M. **Influência da Atmosfrea Controlada Sobre a Vida Pós-Colheita e Qualidade de Banana Prata-Anã.** Revista Ciência e Agrotecnologia. Lavras-MG, vol. 30, n. 2, 2006.

SARMENTO, C. A. R. **Determinação do ponto de colheita e a avaliação da pós-colheita de banana princesa utilizando biofilme.** 2012. 76 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, 2012.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. **Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga "Surpresa".** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n.1, p. 67-71, 2007.

SCHERER, R.; WAGNER, R.; DUARTE, M.C.T., GODOY, H.T.. **Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa.** Rev. bras. plantas med 2009, vol.11, n.4, pp. 442-449.

SENHOR, R. F.; SOUZA, P. A.; ANDRADE NETO, R. C.;. MARACAJÁ, P. B.; NASCIMENTO, F. J. de. **Manejo de doenças pós-colheita.** Revista Verde, Mossoró, v.4, n. 1, p. 1-13, 2009.

SHIMAZU, A.A.; MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. **Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.28, p.79-88, 2007.

SILVA, A, A, L.; BONOMO, R. C. F.; CHAVES, M. A.; REBOUÇAS, K. H.; SANTOS, T. D.B.; OLIVEIRA, A. A. C. L. **Efeitos de revestimentos de amido gelatinizado no armazenamento refrigerado de banana prata (*musa* aab).** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.13, n.3, p.235-241, 2011

SILVA, C. S.; PEROSA, J.M.Y.; RUA, P. S.; ABREU, C.L.M.; PÂNTANO, S.C.; VIEIRA, C.R.Y.; BRIZOLA, R.M.O. **Avaliação econômica das perdas de banana no mercado varejista: um estudo de caso.** Revista Brasileira de Fruticultura, 25(2), 229-234. 2003.

SILVA, E. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão.** 2011 83p Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, F.C. **Efeito in vitro e in vivo dos óleos essenciais de condimentos sobre fungos que ocorrem em pós-colheita em frutos de morango e mamão.** 2008. 85p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2008.

SIQUEIRA, C. L. **Conservação Pós-Colheita de Genótipos de Bananeiras Resistentes à Sigatoka Negra por Atmosfera Modificada.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba- Minas Gerais, 2008.

SIQUEIRA, C. L. Conservação Pós-Colheita de Genótipos de Bananeiras Resistentes à Sigatoka Negra por Atmosfera Modificada. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual de Montes Claros.** Janaúba- Minas Gerais, 2008.

SIQUEIRA, R. S. **Manual de microbiologia de alimentos.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos, 159 p. 1995.

SOARES, N. F. **Embalagens ativas: tecnologia de alimentos**. Revista Minas Faz Ciência, n.9. 2003.

SOUZA, S.M.A., **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis biodegradáveis a base de proteínas miofibrilares bovina**, Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

SUTTON, B. C. **The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia Acervuli and Stromata**. Londres: Commonwealth Mycological Inst, 1980. 696p.
TANADA-PALMU, P. S.; FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. R. F. **Filmes biodegradáveis.** Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, v. 5, n. 26, p. 12-17, 2002.

TANADA-PALMU,P. ; FAKHOURI, F.M. ; GROSSO, C.R.F. **Filmes biodegradáveis: extensão da vida útil de frutas tropicais,** Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Brasília, v. 26, n. 12 2002.

TEIXEIRA, E. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos.** Tese de doutorado, Instituto de Química de São Carlos. Universidade de são Paulo. São Carlos: 2007.

TOLEDO, M. M. **Crescimento de *Lactococcus lactis* subsp. lactis NCK 400 e Produção de Nisina em Meio à Base de Extratos Vegetais.** 2000. 66 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

TORRES, F. G.; TRONCOSO, O. P.; TORRES, C.; DÍAZ, D. A.; AMAYA, E. **Biodegradability and mechanical properties of starch films from Andean crops.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 48, p. 603- 603, 2011.

TUITE, J. **Plant Pathological Methods.** Minneapolis: Burguess Pub. Company, 1969. 239p.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. **Utilização de película de fécula de mandioca para conservação pós–colheita de frutos de pimentão (Capsicum annum L.).** In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9., 1996, São Pedro, SP. Resumos... Botucatu: Centro de Raízes Tropicais–UNESP, p. 138. 1996.

VIEIRA, E.L.; PEREIRA, M.E.C.; SANTOS, D.B. DOS; LIMA, M.A.C. de. **Aplicação de biofilmes na qualidade da manga 'Tommy Atkins'.** Magistra, v.21, n.3, p.165-170, 2009.

VILA, M. T. R. **Qualidade pós-colheita de goiabas Pedro Sato armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca.** 2004. 66p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VILAS BOAS, B.M.; NUNES, E.E.; FIORINI, F.V.A.; LIMA, L.C. de O.; VILAS BOAS, E.V. de B.; COELHO, A.H.R. **Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal- SP, v. 26, n. 3, p. 540-543, 2004.

VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. **Características da fruta**. In: _____. Banana pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, p. 15-19 2001.

YAN, Q.; HOU, H.; GUO, P.; DONG, H.; **Effects of extrusion and glycerol content on properties of oxidized and acetylated.** Carbohydrate Polymers, v. 87 , p. 707–712, 2012.

ZAVAREZE, E. D. R.; PINTO, V. Z.; KLEIN, B.; HALAL, S. L. M.; ELIAS, M. C.; HERNÁDEZ, C. P.; DIAS, A. R. G.**Development of oxidised and heat–moisture treated potato starch film**. Food Chemistry, v. 132, n. 01, p. 344–350. 2012.