

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
RONDÔNIA – IFRO
CAMPUS GUAJARÁ-MIRIM
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**AYAME ANTUNES CARVALHO
LÍVIA MARIA VIANA REBOUÇAS**

**PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE
DE QUITOSANA E EXTRATO DE CASCA E SEMENTE DE
Platonia insignis Mart.**

**AYAME ANTUNES CARVALHO
LÍVIA MARIA VIANA REBOUÇAS**

**PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE
DE QUITOSANA E EXTRATO DE CASCA E SEMENTE DE
Platonia insignis Mart.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico) apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – *Campus* Guajará-Mirim, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciado em Ciências Biológicas

Orientador(a): Profa. Dra Kally Alves de Sousa

Coorientador(a): Profa. Dra Nathália Kelly de Araújo

GUAJARÁ-MIRIM/RO
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Carvalho, Ayame Antunes.

Produção de revestimentos comestíveis à base de quitosana e extrato de casca e semente de *Platonia insignis* Mart. / Ayame Antunes Carvalho, Lívia Maria Viana Rebouças, Guajará-Mirim-RO, 2023.

21 f. : il.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Kally Alves de Sousa.

Coorientador(a): Prof^a. Dra. Nathália Kelly de Araújo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Guajará-Mirim-RO, 2023.

1. Conservação. 2. Bacuri. 3. Atividade antioxidante. 4. Atividade antimicrobiana. I. Rebouças, Lívia Maria Viana. II. Sousa, Kally Alves de (orient.). III. Araújo, Nathália Kelly de (coorient.). IV. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. V. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Fernanda Leite Dias, CRB-11/909 (Campus Guajará-Mirim)

**AYAME ANTUNES CARVALHO
LÍVIA MARIA VIANA REBOUÇAS**

**PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE
DE QUITOSANA E EXTRATO DE CASCA E SEMENTE DE
Platonia insignis Mart.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico) apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – *Campus* Guajará-Mirim, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciado em Ciências Biológicas

Aprovado em: 18/12/2023


BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra Kally Alves de Sousa (orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus*
Guajará-Mirim

Prof. Dr. Daniel Sol Sol de Medeiros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus*
Guajará-Mirim

 Documento assinado digitalmente
YAN PABLO MOREIRA XAVIER
Data: 09/04/2024 17:35:59-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Yan Pablo Moreira Xavier

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus*
Guajará-Mirim

PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE QUITOSANA E EXTRATO DE CASCA E SEMENTE DE *Platonia insignis* Mart.

Ayame Antunes Carvalho¹

Lívia Maria Viana Rebouças²

Nathália Kelly Araújo³

Kally Alves de Sousa⁴

RESUMO

Diversas tecnologias visam o aumento do tempo de prateleira de frutas e verduras, destacando-se o uso de revestimentos à base de quitosana, podendo ser potencializado com a incorporação de extratos vegetais. Neste trabalho, foi investigado, de modo comparativo, a incorporação do extrato aquoso da casca e semente de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), a revestimentos de quitosana, tendo como foco a aplicação em frutas e realizou análises das atividades antioxidante e antimicrobiana dos revestimentos produzidos. A metodologia foi de caráter experimental, com a produção de cinco tipos de revestimentos, formulação e aplicação de teste piloto com frutas fisiologicamente maduras, que foram acondicionadas e avaliadas em relação a qualidade visual e perda de peso. Fez-se, avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana, com testes de capacidade antioxidante total, poder redutor e sequestro do radical superóxido e teste de microdiluição em placa utilizando o microrganismo *Bacillus thuringiensis*. Os resultados indicaram que a formulação contendo 0,5% de quitosana e 0,5% de extrato da casca de bacuri demonstrou o melhor desempenho, resultando em uma conservação de peso das frutas de 70,0%. Além disso, esse revestimento exibiu atividade antioxidante e ação antimicrobiana em concentrações inferiores a 2,5 mg/mL. Portanto, a combinação de quitosana e extrato de bacuri, principalmente na concentração de 0,5% da casca, revelou-se uma alternativa promissora para o desenvolvimento de revestimentos comestíveis em frutas, oferecendo uma camada protetora eficaz contra degradação oxidativa e crescimento microbiano.

Palavras-chave: Conservação. Bacuri. Atividade antioxidante. Atividade antimicrobiana.

¹ Graduanda em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Guajará-Mirim. E-mail: ayamecarvalho.04@gmail.com

² Graduanda em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Guajará-Mirim. E-mail: liviareboucas36@gmail.com

³ Doutora em Biotecnologia. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Guajará-Mirim. E-mail: araujo.nathalia@ifro.edu.br

⁴ Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Guajará-Mirim. E-mail: kally.sousa@ifro.edu.br

ABSTRACT

Several technologies aim to increase the shelf life of fruits and vegetables, highlighting the use of chitosan-based coatings, which can be enhanced by incorporating plant extracts. In this work, the incorporation of the aqueous extract of the peel and seed of bacuri (*Platonia insignis* Mart.) into chitosan coatings was investigated comparatively, focusing on the application on fruits and carried out analyses of the antioxidant and antimicrobial activities of the coatings produced. The methodology was experimental, producing five types of coatings, formulation, and application of pilot tests with physiologically ripe fruits, which were packaged and evaluated about visual quality and weight loss. The antioxidant and antimicrobial activity was evaluated, with tests of total antioxidant capacity, reducing power, and superoxide radical scavenging. The plate microdilution test was performed using the microorganism *Bacillus thuringiensis*. The results indicated that the formulation containing 0.5% chitosan and 0.5% bacuri peel extract demonstrated the best performance, resulting in a fruit weight conservation of 70.0%. Furthermore, this coating exhibited antioxidant and antimicrobial activity below 2.5 mg/mL. Therefore, the combination of chitosan and bacuri extract, mainly at a concentration of 0.5% of the peel, proved to be a promising alternative for developing edible coatings on fruits, offering an effective protective layer against oxidative degradation and microbial growth.

Keywords: Conservation. Bacuri. Antioxidant activity. Antimicrobial activity.

1. INTRODUÇÃO

Um grande problema que envolve os setores de produção e comercialização de alimentos vegetais é o desperdício, que gera grandes perdas, de modo que esse alimento rejeitado tenha como destino final o lixo (SANTOS, 2020).

De acordo com Alexandria (2019), um dos ambientes onde se comercializam produtos de origem vegetal, tais como frutas e hortaliças, são as feiras livres. Somado a isso, elas podem se caracterizar como meio de produção contínua de resíduos sólidos, haja vista que são produzidos desde a organização das tendas pelos feirantes, com produtos deixados no chão, até a utilização e descarte pelo próprio consumidor.

Diferentes tecnologias têm sido estudadas para aumentar o tempo de prateleira desses vegetais e assim, diminuir o desperdício de alimentos. Uma dessas tecnologias é o revestimento utilizando o polímero quitosana, que pode ser obtido através da quitina (BAUTISTA-BAÑOS *et al.*, 2013; DOTTO; VIEIRA; PINTO, 2015).

Por ano, a carcinicultura no Brasil gera cerca de 100 mil toneladas de camarão cultivado (SEA FOOD BRASIL, 2021). Essa atividade gera toneladas de resíduos (cascas e cefalotórax) com o processamento do crustáceo, provocando um problema ambiental. O principal constituinte deste rejeito é a quitina, que constitui matéria-prima

para a obtenção da quitosana e de seus subprodutos. A quitosana é um polissacarídeo natural, não tóxico e biodegradável e que tem sido usado na indústria de alimentos devido às suas atividades antioxidante e antimicrobiana (KUMAR *et al.*, 2018).

Trabalhos científicos vêm relatando a aplicação de quitosana no revestimento de frutas e hortaliças, como função de biofilme (DA COSTA; DE OLIVEIRA; SILVA, 2022). A atividade biológica dessas moléculas tem relação direta com seu grau de polimerização. Na produção de revestimentos a base de quitosana, essa atividade biológica pode ser ainda incrementada com a incorporação de outras moléculas, como extratos vegetais, potencializando a ação protetora nos vegetais (KHALIFA *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2021).

Nessa perspectiva, o bioma amazônico apresenta uma enorme biodiversidade, com diversas espécies vegetais de reconhecida atividade antimicrobiana e antioxidante. Dentre elas, cita-se o bacuri (*Platonia insignis* Mart.), espécie não endêmica da Amazônia brasileira, mas encontrada no bioma amazônico (DA SILVA *et al.*, 2020; RIBEIRO, 2021).

O bacuri pertence à família Clusiaceae, morfológicamente é um fruto grande, redondo que possui uma casca grossa de cor amarelo-citrina, contém ainda, uma polpa viscosa e é considerado um fruto saboroso. Quando maduro, exala um perfume suave e fragrante, rico em terpenos (YAMAGUCHI, *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, o bacuri tem sido frequentemente citado como uma espécie com amplas possibilidades de usos, destacando-se nas indústrias de alimentos, onde produz-se sucos, sorvetes, cremes, doces, compotas ou mesmo são consumidos *in natura* pela população da Amazônia e de outras regiões onde tem-se a sua incidência (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2013a; YAMAGUCHI, *et al.*, 2014). Nesse sentido, geralmente utiliza-se a sua polpa para finalidades alimentícias, enquanto a casca e semente são descartadas. Estudos descrevem a alta atividade biológica do bacuri (YAMAGUCHI *et al.*, 2021), além disso, esse vegetal destaca-se por não apresentar toxicidade e por se encontrar em grande quantidade (DO NASCIMENTO CAVALCANTE *et al.*, 2020).

Os revestimentos naturais atuam como barreiras à perda de água e troca de gases criando uma atmosfera micro modificada em torno do produto. O uso da quitosana para esse fim apresenta as vantagens de ser biocompatível, ter baixo custo, elevada eficácia, facilidade de aplicação e apresentar atividade antimicrobiana e antioxidante (DOTTO; VIEIRA; PINTO, 2015). Juntamente, levando em conta a não toxicidade e as atividades antioxidante e antifúngica do bacuri, essa espécie

apresenta alto potencial para estudo da sua incorporação a biofilmes a base de quitosana (YAMAGUCHI *et al.*, 2021).

Ademais, segundo Gonzales *et al.* (2013), acredita-se que os processos de reciclagem em geral vêm assumindo papel fundamental, contribuindo positivamente para a minimização da poluição ambiental, além de permitir a valorização econômica desses resíduos. O resíduo necessita de destino adequado, e alternativas devem ser encontradas para que haja sua disposição no meio ambiente, sem causar poluição.

Os consumidores consideram diversos fatores ao adquirir frutas ou hortaliças. Entre os aspectos sensoriais analisados, a aparência se destaca como um dos mais cruciais para os compradores, abrangendo cor, brilho, formato e tamanho (ALEXANDRIA, 2019).

A partir disso, pode-se afirmar que a maioria das frutas e hortaliças apresentam sérias limitações que resultam em sua rápida deterioração durante o manuseio e armazenamento. E assim, diferentes métodos têm sido usados para evitar perdas pós-colheita em vegetais e, conseqüentemente, estender sua vida de prateleira. Entre estes métodos, pode-se citar: aplicação de fungicidas, tratamento térmico, irradiação, aplicação de agentes de biocontrole e uso de revestimentos naturais (principalmente, óleos vegetais e quitosana) (BAUTISTA-BAÑOS *et al.*, 2013; DOTTO; VIEIRA; PINTO, 2015).

Os processos de preservação e conservação de alimentos são, geralmente, independentes e complementares. A partir deles, objetiva-se garantir que os alimentos permaneçam inalterados em seus valores organolépticos e nutritivos, a fim de possuir condições higiênicas capazes de assegurar o seu consumo. Dessa forma, esses processos estendem o tempo de prateleira dos alimentos (THADATHIL; VELAPPAN, 2014). A preservação garante que o alimento mantenha as qualidades sanitárias por maior tempo possível, e já a conservação atua, principalmente, na proteção do alimento contra microrganismos (THADATHIL; VELAPPAN, 2014; LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

A escolha do processo de conservação está diretamente relacionada à natureza do alimento (animal ou vegetal), as suas características (sólido, líquido, pastoso, etc), ao tempo de conservação necessário e ao destino que o alimento terá (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Para cada tipo de alimento, há um armazenamento específico, onde, cita-se que para os alimentos úmidos, geralmente o maior problema é a temperatura inadequada, que pode resultar na infecção por microrganismos. Assim, as frutas e hortaliças têm uma desvantagem atribuída à sua grande perecibilidade, de modo que requerem cuidados maiores em relação ao seu armazenamento, visando um produto de qualidade (ALEXANDRIA, 2019).

Corroborando com isso, Melo Almeida *et al.* (2020), visibilizam sobre o destaque que os microrganismos possuem no quesito de atuação sobre a qualidade dos alimentos, onde diz-se que, são seres amplamente dispersos na natureza e provocam uma variedade de efeitos sobre as frutas e hortaliças com elevada intensidade e velocidade.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo investigar, de modo comparativo, a incorporação do extrato aquoso de bacuri, tanto da sua casca quanto da sua semente, a revestimentos de quitosana, tendo como foco a aplicação em frutas, e ainda, realizar análises das atividades antioxidante e antimicrobiana dos revestimentos produzidos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Escolha do extrato vegetal e identificação

Escolheu-se o bacuri para retirada do extrato vegetal, justamente por conta de sua disponibilidade e propriedades já documentadas. Portanto, inicialmente, foi necessário proceder com sua identificação taxonômica.

De início, ao dia 19/10/2023, em local de arborização urbana, especificamente nas coordenadas 10° 45' 50.868" S 65° 19' 8.99" W, fez-se a coleta de uma parte da planta, contendo folhas e frutos. Esse material foi organizado e embalado, sendo entregue ao Herbário Rondoniense, da Universidade Federal de Rondônia, *Campus* Porto Velho, onde foi realizada a sua identificação de espécie.

2.2 Preparo dos revestimentos

Foram preparados cinco tipos de revestimentos: revestimento 1 (quitosana 0,5%); revestimento 2 (extrato da casca do bacuri); revestimento 3 (extrato da semente do bacuri); revestimento 4 (quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri) e revestimento 5 (quitosana 0,5% + extrato da semente do bacuri). A concentração de

quitosana usada para o teste foi determinado em trabalho prévio realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande Do Norte (IFRN), *Campus Pau dos Ferros* (OLIVEIRA; PEREIRA; ARAUJO, 2018).

Em relação às concentrações do extrato de bacuri (casca e semente), foi realizado um ensaio piloto para avaliação da viscosidade das soluções onde serão testadas as concentrações de 0,25, 0,5 e 1,0%. A quitosana utilizada nos experimentos (85% desacetilada, massa molecular 900-1900 Da) foi obtida comercialmente da Sigma Aldrich Co. (St Louis, Missouri, USA).

Para obtenção do revestimento de quitosana (0,5%), foi solubilizada em solução aquosa de ácido acético 0,1 M, seguido de ajuste do pH com solução de hidróxido de sódio para 6,0 (SILVA *et al.*, 2021). Os extratos aquosos da casca bacuri foram obtidos seguindo metodologia de Yamaguchi e colaboradores (YAMAGUCHI *et al.*, 2021).

2.3 Avaliação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante *in vitro* das formulações de revestimento foi avaliada através dos testes de capacidade antioxidante total, poder redutor e sequestro do radical superóxido, conforme metodologia de Félix-Silva e colaboradores (FÉLIX-SILVA *et al.*, 2014).

Para definição dos dados sobre capacidade antioxidante total, seguindo metodologia desenvolvida por Pietro e colaboradores (1999), 0,5 mg/mL das amostras teste (extratos aquosos de semente e casca de bacuri, *Platonia insignis* Mart.) foram incubadas por 90 minutos a 95 °C com solução reacional (0,6 M de ácido sulfúrico, 28 mM de fosfato de sódio e 4 mM de molibdato de amônia). Após resfriamento, realizou-se a medida da absorbância a 695 nm em espectrofotômetro. O óxido de molibdênio MO VI é reduzido em MO V pela amostra antioxidante, gerando um complexo verde de fosfato de molibdênio. O resultado foi expresso em equivalente de ácido ascórbico.

O teste de poder redutor foi executado conforme Teodosio Melo (2013). As amostras (4 mL) na concentração de 0,5 mg/mL foram homogeneizadas com tampão fosfato (0,2 M, pH 6,6) e ferrocianeto de potássio (1%) e em seguida incubadas por 20 minutos a 50 °C. A reação foi descontinuada pela incorporação de ácido tricloroacético (TCA) a 10%. Posteriormente, adicionou-se água destilada e cloreto férrico (0,1%) às soluções. As análises foram realizadas a 700 nm de absorbância através de espectrofotômetro (TEODOSIO MELO *et al.*, 2013).

Para o ensaio do sequestro do radical superóxido foram adicionados, em tubos de ensaio, 0,2 mL de metionina (65 mM), 0,2 mL de EDTA (0,5 mM), 0,2 mL da amostra teste e 0,2 mL de NBT, nitroblue tetrazolium, (0,375 mM) (DASGUPTA; DE, 2007). Com os tubos cobertos por papel alumínio, adicionaram-se 0,2 mL de riboflavina (0,5 mM). No tubo controle e branco, a amostra foi substituída por tampão fosfato. Após agitação, o branco foi mantido em local protegido da luz enquanto os demais tubos, amostras e controle foram expostos a iluminação fluorescente por 15 minutos.

Em seguida, a absorbância foi mensurada a 560 nm (espectrofotômetro). Todas as soluções foram preparadas em tampão fosfato 50 mM, pH 7,4. Nesse ensaio foi avaliada a capacidade da amostra em inibir a redução fotoquímica do NBT em um sistema riboflavina-luz-NBT, tendo o tubo controle como referência para ausência de sequestro.

2.4 Atividade antimicrobiana

Para avaliar a atividade antimicrobiana das formulações de revestimento obtidas, foi determinada a concentração inibitória mínima (CIM) realizada com modificações da metodologia descrita por Guo e colaboradores (GUO *et al.*, 2013). A CIM foi determinada como a mínima concentração das amostras em que a absorbância a 595 nm seja estatisticamente a mesma do controle negativo, sendo testadas as seguintes concentrações de mg/mL: 10, 5, 2,5, 1,25, 0,63, 0,31, 0,16, 0,08. Para a realização deste teste, utilizou-se a bactéria *Bacillus thuringiensis*.

2.5 Revestimento das frutas

Cajaranas (*Spondias dulcis* Parkinson), fisiologicamente maduras e sem danos visíveis, foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Ciências I do IFRO *Campus* Guajará-Mirim. Os frutos foram higienizados com solução de hipoclorito de sódio (250 mg/L) durante 2 minutos, em seguida mergulhadas em água destilada esterilizada por mais 2 minutos. Por fim, foram armazenados à temperatura ambiente até secarem completamente (KHALIFA *et al.*, 2016).

Os frutos foram divididos em grupos (N=5) e revestidos por imersão nas cinco formulações testadas (ALI *et al.*, 2013). Um grupo controle sem revestimento também foi realizado. As amostras vegetais foram armazenadas à temperatura ambiente durante 3 dias. Para analisar as mudanças de qualidade nas amostras revestidas, o

peso de cada amostra teste foi anotado diariamente (dias 0, 1, 2 e 3). O resultado foi expresso como porcentagem de perda de peso (DIVYA; SMITHA; JISHA, 2018).

2.6 Análises estatísticas

Os dados foram expressos com valores médios e desvio padrão, analisados por análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey, usando o software GraphPad Prism 7.00 (GraphPad Software, California, EUA)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Escolha do extrato vegetal e identificação

Após o envio da amostra para identificação no herbário da Universidade Federal de Rondônia, foi atribuído o número de tombo RON 22536 (conforme Anexo 1), confirmando-a como *Platonia insignis* Mart. O material vegetal foi então devidamente cadastrado como patrimônio genético no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), recebendo o código de registro A9E8BDA.

3.2 Obtenção de diferentes formulações de revestimentos

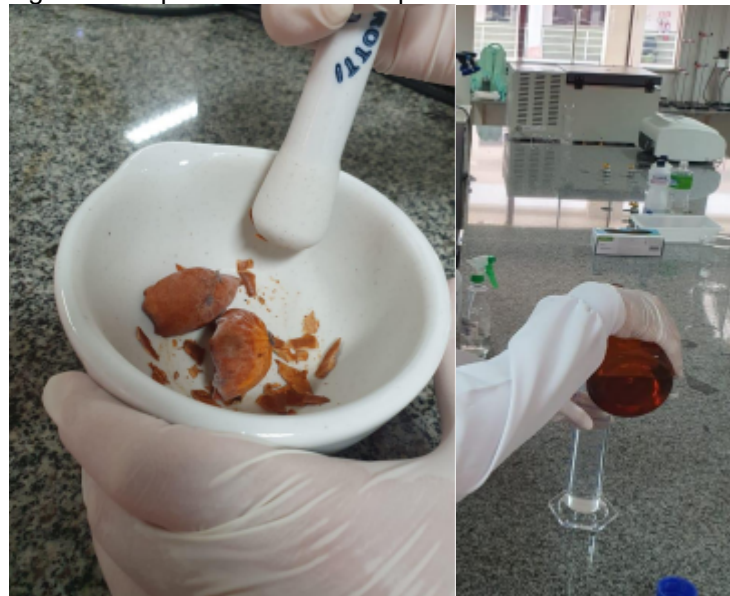
Após o teste de viscosidade, os cinco tipos de revestimentos foram preparados: quitosana 0,5% (revestimento 1); extrato da casca do bacuri 1% (revestimento 2); quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 0,25% (revestimento 3); quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 0,5% (revestimento 4) e quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 1,0% (revestimento 5) (Figura 1). Os revestimentos preparados foram aplicados nos frutos de cajarana. A Figura 2 apresenta como foram produzidos os extratos aquosos das cascas de bacuri.

Figura 1. Revestimentos preparados - revestimento 1: quitosana 0,5%; revestimento 2: extrato da casca do bacuri 1; revestimento 3: quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 0,25%; revestimento 4: quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 0,5% e revestimento 5: quitosana 0,5% + extrato da casca do bacuri 1,0%.



Fonte: elaborado pelas autoras.

Figura 2. Preparo dos extratos aquosos das cascas de bacuri.

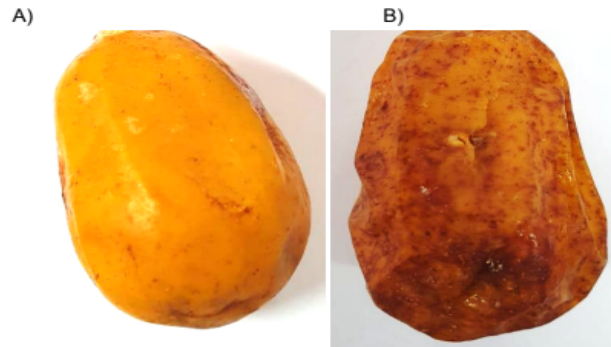


Fonte: elaborado pelas autoras.

Após 72 horas de incubação, o peso das frutas teste foi comparado com o inicial. Foi possível observar que as cajaranas revestidas com quitosana 0,5% + extrato da casca de bacuri 0,5% (revestimento 4) apresentaram melhor conservação do peso, 70,0% ($\pm 2,2$), quando comparado com o grupo controle (sem revestimento) conservou apenas 60,2% ($\pm 0,1$) (Figura 3). Dessa forma, a formulação quitosana 0,5%

+ extrato da casca de bacuri 0,5% foi selecionada como sendo a de melhor desempenho.

Figura 3. Comparação visual entre cajarana revestida com quitosana 0,5% + extrato da casca de bacuri 0,5% (A) (revestimento 4) versus grupo controle (B) (sem revestimento).



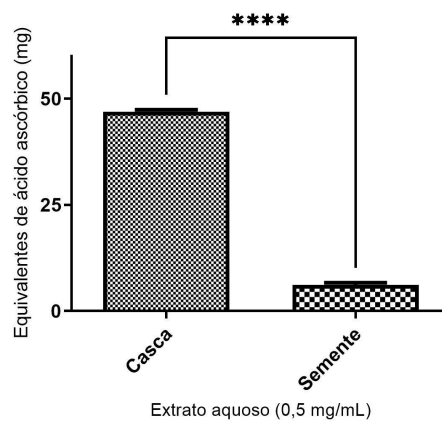
Fonte: elaborado pelas autoras.

3.3 Avaliação da atividade antioxidante

3.3.1 Capacidade antioxidante total

O princípio do teste de capacidade antioxidante total leva em consideração a capacidade da amostra em doar elétrons em um ambiente fracamente ácido, neutralizando espécies reativas do oxigênio. Na Figura 4, é possível observar que a melhor atividade foi encontrada para o extrato aquoso da casca de bacuri, 47,05 mg/g ($\pm 1,13$) em equivalente de ácido ascórbico.

Figura 4. Capacidade antioxidante total dos extratos aquosos de casca e semente de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). Os resultados são expressos em miligramas de ácido ascórbico equivalentes por grama de amostra. ****p < 0,0001 em comparação com a casca, Test T.

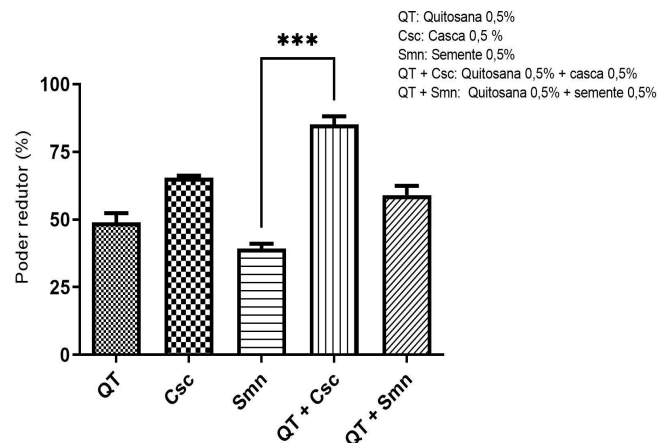


Fonte: elaborado pelas autoras.

3.3.2 Poder redutor

O poder redutor foi expresso como porcentagem de atividade do controle de ácido ascórbico (0,1 mg/mL) (Figura 5). Esse teste reflete a capacidade de doar elétrons que a amostra avaliada pode possuir.

Figura 5. Atividade antioxidante avaliada pelo método do poder redutor dos extratos aquosos de casca e semente de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.), associados ou não a quitosana, expresso como uma porcentagem da atividade apresentada por 0,1 mg/mL de ácido ascórbico. Cada valor é a média \pm DP de três determinações. *** indica diferença significativa entre as amostras testadas ($p < 0,0002$).



Fonte: elaborado pelas autoras.

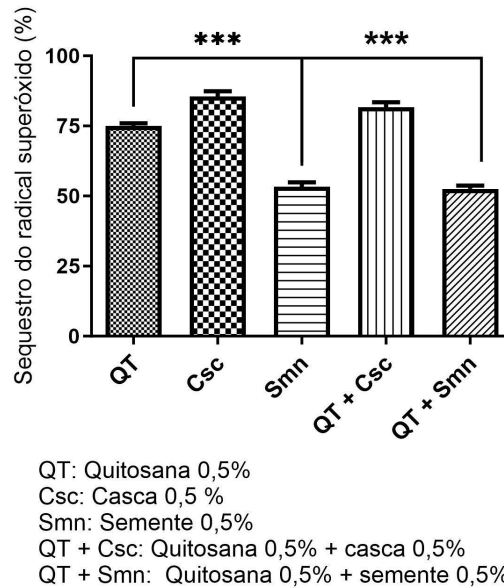
Conforme apresentado na Figura 5, o extrato aquoso da casca de bacuri associado a quitosana, apresentou maior perfil de atividade antioxidante, cerca de 80% da atividade apresentada pelo controle do ácido ascórbico. Todas as demais amostras também apresentaram atividade com valores próximos a 50%.

3.3.3 Sequestro do radical superóxido

A peroxidação de lipídeos é uma das consequências causadas pelos radicais superóxidos, resultando em danos à membrana celular (ZHANG *et al.*, 2021). Aqui avalia-se a atividade antioxidante dos extratos aquosos de casca e semente de bacuri através do sequestro desse radical.

Observa-se na Figura 6, os dois extratos atingiram taxas de sequestro acima de 60%, especificamente 62% ($\pm 5,2$) para extrato da casca e 68% (± 10).

Figura 6. Atividade antioxidante avaliada pelo método do sequestro do radical superóxido dos extratos aquosos de casca e semente de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.), associados ou não a quitosana, expresso como uma porcentagem da atividade apresentada pelo controle. Cada valor é a média \pm DP de três determinações. *** indica diferença significativa entre as amostras testadas ($p < 0,0002$).



Fonte: elaborado pelas autoras.

As formulações das cascas de bacuri, não associada e associada a quitosana, apresentaram maior perfil de sequestro do radical superóxido, cerca de, respectivamente, 90% e 80%. Todas as demais amostras também apresentaram atividade com valores próximos a 50%, à exceção da formulação de quitosana pura (75%).

Yamaguchi (2021) em seu trabalho sobre extração e análise de extrato de epicarpo de bacuri, diz que compostos fenólicos e flavonóides presentes neste vegetal são conhecidos agentes antioxidantes, sendo capazes de inibir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade e estabilizar radicais instáveis. Somado a isso, Divya, Smitha e Jisha (2018), já haviam descrito o potencial antioxidante da quitosana, e o quanto poderia ser potencializado com adição de extrato vegetal.

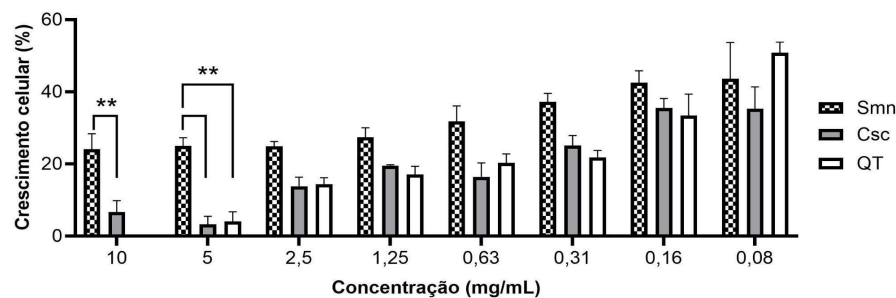
Nesse contexto, os resultados alcançados representam uma contribuição significativa, uma vez que a combinação de quitosana com extrato de bacuri, cuja interação não havia sido previamente documentada na literatura, demonstrou um bom desempenho. Especificamente, essa combinação, quando envolvendo a casca, exibiu resultados superiores em termos de atividade antioxidante, em comparação com a quitosana isolada, o extrato da semente de bacuri ou outras combinações entre quitosana e extrato de bacuri.

3.4 Atividade antimicrobiana

Avaliou-se a atividade antimicrobiana das formulações de revestimento obtidas através da determinação da concentração inibitória mínima (CIM) com relação a microrganismos de importância para a área de biotecnologia de alimentos.

A atividade antimicrobiana das diferentes formulações (quitosana e extratos aquosos de casca e semente de bacuri) foi avaliada através do ensaio de microdiluição conforme representada na Figura 7 em placa de 96 poços utilizando o microrganismo *Bacillus thuringiensis*. A CIM foi determinada como a mínima concentração das amostras em que a absorbância a 595 nm foi estatisticamente a mesma do controle negativo.

Figura 7. Inibição do crescimento microbiano depois de 36 horas de incubação com semente (Smn) e casca (Csc) de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e quitosana (QT). Cada valor é a média \pm DP de três determinações. ** indica diferença significativa entre as amostras testadas ($p < 0,001$).



Fonte: elaborado pelas autoras.

Conforme a Figura 7, as formulações das sementes de bacuri, em comparação às demais, apresentaram maior perfil de crescimento celular, cerca de 50%, em todas as concentrações. As formulações de casca, nas concentrações inferiores a 2,5 mg/mL, apresentaram atividade inibitória igual a quitosana, sendo a quitosana superior apenas nas concentrações de 10 e 5 mg/mL. Ou seja, destacam-se as formulações que tiveram baixo crescimento celular, indicando o efeito antimicrobiano no meio em questão, em relação ao microrganismo utilizado.

Da Silva e colaboradores (2020) já haviam descrito sobre as propriedades antimicrobianas do bacuri, especialmente em relação aos fungos. E Dotto, Vieira e Pinto (2015), discutiram sobre as atividades antimicrobianas da quitosana, como sendo de valor considerável. Portanto, foi possível evidenciar e comprovar como a associação entre os dois componentes, é algo viável, e que pode ser utilizado na conservação de frutas, principalmente ao considerar esse potencial antimicrobiano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, percebe-se que o uso de quitosana, potencializado com extrato de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), é uma alternativa promissora no que diz respeito à aplicação como revestimento comestível em frutas, principalmente se utilizado o extrato proveniente de sua casca, em sua concentração de 0,5%.

Além da finalidade de atuar como barreira em relação ao meio externo, o revestimento produzido também desempenhou notável atividade antioxidante, principalmente a combinação de quitosana e extrato proveniente da casca do bacuri, ambos em concentrações de 0,5%. Somado a isso, apresentou-se também, considerável ação antimicrobiana, atuando na formação de uma camada protetora no vegetal, haja vista que nas concentrações inferiores a 2,5 mg/mL, apresentaram atividade inibitória igual à quitosana.

Nesse sentido, utiliza-se um resíduo orgânico que seria descartado, e ainda, potencializa-se o processo de conservação de frutas, promovendo o aumento do tempo de prateleira, e diminuindo o desperdício de alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRIA, D. B. **Desperdício de alimentos em feiras livres: levantamento de perdas de frutas e hortaliças em distintas cidades do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

ALI, A. et al. Effectiveness of submicron chitosan dispersions in controlling anthracnose and maintaining quality of dragon fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, 2013

BAUTISTA-BAÑOS, S. *et al.* A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8–20, 2013.

CASTRO, M. H. C. A. **Fatores determinantes de desperdício de alimentos no Brasil: Diagnóstico da situação**. 2002. 93 f. Monografia (Especialização em Gestão de Qualidade em Serviços de Alimentação) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2002.

COSTA JUNIOR, J.S.; ALMEIDA, A.A.C. ; FERRAZ, A.B.F.; ROSSATTO, R.R.; SILVA, T.G.; SILVA, P.B.N.; MILITÃO, G.C.G.; CITO, A.M.G.L.; SANTANA, L.C.L.R.; CARVALHO, F.A. A.; FREITAS, R.M. Citotoxic and leishmanicidal properties of garcinielliptone FC, a prenylated benzophenone from *Platonia insignis*. **Natural Product Research**, Vol.27, No.4-5, Pp. 470-474, 2013a.

DASGUPTA, N.; De, Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: a comparative study, **FOOD Chem.** 101 (2007) 471–474.

DA COSTA, B. L.; DE OLIVEIRA, M. C.; SILVA, J. B. Prospecção Científica e Tecnológica Sobre Revestimentos Comestíveis de Polissacarídeos para Conservação de Alimentos. *Cadernos de Prospecção*, v. 15, n. 4, p. 1212-1227, 2022.

DA SILVA, A. F. *et al.* Antifungal and antivirulence activities of hydroalcoholic extract and fractions of *Platonia insignis* leaves against vaginal isolates of candida species. **Pathogens**, v. 9, n. 2, 2020.

DE MELO ALMEIDA, C. *et al.* Análise microbiológica de hortaliças e frutas e o vinagre como antimicrobiano. **Revista Científica da Faculdade Quirinópolis**, v. 3, n. 10, p. 18-29, 2020.

DO NASCIMENTO CAVALCANTE, A. *et al.* Toxicity, cytotoxicity, mutagenicity and in vitro antioxidant models of 2-oleyl-1,3-dipalmitoyl-glycerol isolated from the hexane extract of *Platonia insignis* MART seeds. **Toxicology Reports**, v. 7, 2020.

DOTTO, G. L.; VIEIRA, M. L. G.; PINTO, L. A. A. Use of chitosan solutions for the microbiological shelf life extension of papaya fruits during storage at room temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 126–130, 2015.

DIVYA, K.; SMITHA, V.; JISHA, M. S. Antifungal, antioxidant and cytotoxic activities of chitosan nanoparticles and its use as an edible coating on vegetables. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 114, 2018.

FÉLIX-SILVA, J. *et al.* Aqueous leaf extract of *Jatropha gossypifolia* L. (Euphorbiaceae) inhibits enzymatic and biological actions of Bothrops jararaca snake venom. **PLoS One**, v. 9, 2014.

GONZALES, A. D. F.; LIMA, J. M.; VITAL, A. V. D.; RODRIGUES, M. B. S. **Desenvolvimento sustentável para o resgate da cultura do cacau baseado no aproveitamento de resíduos**. *Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente*, Aracaju, V.1, N.2, p. 41-52, fev, 2013.

GUO, X. *et al.* Two peptides, TsAP-1 and TsAP-2, from the venom of the Brazilian yellow scorpion, *Tityus serrulatus*: Evaluation of their antimicrobial and anticancer activities. **Biochimie**, v. 95, n. 9, 2013.

KHALIFA, I. *et al.* Improving the shelf-life stability of apple and strawberry fruits applying chitosan-incorporated olive oil processing residues coating. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 9, p. 10–19, 2016.

KUMAR, M. *et al.* **Bioconversion of Chitin to Bioactive Chitooligosaccharides: Amelioration and Coastal Pollution Reduction by Microbial Resources**. *Marine Biotechnology*, v. 20, n. 3, p. 269–281, 2018.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em foco**, v. 10, n. 1, p. 51-61, 2018.

- OLIVEIRA, S. et al. **Avaliação do uso de quitosana para o revestimento de acerolas armazenadas a temperatura ambiente**. 7ª Exposição Científica, Tecnológica e Cultural do IFRN Pau dos Ferros . **Anais...**Pau dos Ferros/RN: IFRN, 2018.
- PIETRO, M. PINEDA, M. AGUILAR, Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E., *Anal. Biochem.* 269 (1999) 337– 341
- RIBEIRO, J. F. *et al.* Atividades farmacológicas da manteiga de bacuri (*Platonia insignis* Mart.): revisão integrativa. **Rev Rene**, v. 22, p. 65, 2021.
- SANTOS, K. L. dos, *et al.* Perdas e desperdícios de alimentos: reflexões sobre o atual cenário brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. e2019134, 2020.
- SEA FOOD BRASIL. PPM 2020: **Carcinicultura em crescimento pelo terceiro ano consecutivo**. Sea Food Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.seafoodbrasil.com.br/ppm-2020-carcinicultura-em-crescimento-pelo-terceiro-ano-consecutivo>>. Acesso em: 15 de abr. de 2023.
- SILVA, N. et al. Antimicrobial Activity of Chitosan Oligosaccharides with Special Attention to Antiparasitic Potential. **Mar. Drugs**, v. 19, n. 2, p. 110, fev. 2021.
- TEODOSIO MELO, K. et al. Evaluation of Sulfated Polysaccharides from the Brown Seaweed *Dictyopteris Justii* as Antioxidant Agents and as Inhibitors of the Formation of Calcium Oxalate Crystals. **Molecules**, v. 18, n. 12, p. 14543–14563, 25 nov. 2013.
- THADATHIL, N.; VELAPPAN, S. P. Recent developments in chitosanase research and its biotechnological applications: A review. **Food Chemistry**, 2014.
- YAMAGUCHI, K. K. L. *et al.* Amazonian bacuri (*Platonia insignis* mart.) fruit waste valorisation using response surface methodology. **Biomolecules**, v. 11, n. 12, 2021.
- YAMAGUCHI, K. K. L. *et al.* Química e farmacologia do bacuri (*Platonia insignis*). **Scientia Amazonia**, v. 3, n. 2, p. 39-46, 2014.
- ZHANG, X. *et al.* Emerging chitosan-essential oil films and coatings for food preservation - A review of advances and applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 273, p. 118616, 2021.

ANEXO 1

Universidade Federal de Rondônia / Herbário Rondoniense - RON

RON 22536

CLUSIACEAE

Platonia insignis Mart.

Brasil, Rondônia, Guajará-Mirim. 10°45'50" S, 65°19'9" W.

Árvore, frutos bacáceos, uniloculados, amarelados a avermelhados. Habitat:
Arborização urbana. Hábito/Forma de vida: Arboreo.

Nome popular: Bacuri, acuri, ouricuri, landirana

Carvalho, A.A., 01

19-X-2023



RON00022536