

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta **Dissertação** será disponibilizado somente a partir de 06/12/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CÂMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOMATERIAIS E
BIOPROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

ROGÉRIO PENNA GONÇALVES

EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL INCORPORADA COM
NANOEMULSÃO DE ÓLEO DE RÍCINO PARA APLICAÇÃO EM
FRUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

ARARAQUARA - SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CÂMPUS DE ARARAQUARA

ROGÉRIO PENNA GONÇALVES

EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL INCORPORADA COM
NANOEMULSÃO DE ÓLEO DE RÍCINO PARA APLICAÇÃO EM
FRUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos (Mestrado Profissional), Área de Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rondinelli Donizetti Herculano

ARARAQUARA -
SP 2024

G635e

Gonçalves, Rogério Penna.

Embalagem biodegradável incorporada com nanoemulsão de óleo de rícino para aplicação em frutos minimamente processados / Rogério Penna Gonçalves. – Araraquara, 2024.
105 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

Orientador: Rondinelli Donizetti Herculano.

1. Bioplástico. 2. Fécula de mandioca. 3. Albumina. 4. Glicerol. 5. Óleo de rícino. 6. Nanoemulsão. 7. Revestimento. 8. Abóbora cabotiá. 9. Melão. I. Herculano, Rondinelli Donizetti, orient. II. Título.

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP - Campus de Araraquara
Kazumi Tomoyose - CRB 8/10904

CAPES: 33004030170P0
Esta ficha não pode ser modificada



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araraquara



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Embalagem biodegradável incorporada com nanoemulsão de óleo de rícino para aplicação em frutos minimamente processados

AUTOR: ROGÉRIO PENNA GONÇALVES
ORIENTADOR: RONDINELLI DONIZETTI HERCULANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, área: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RONDINELLI DONIZETTI HERCULANO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da Unesp

Dra. NAYRIM BRIZUELA GUERRA (Participação Virtual)
Pós-doutoranda no Departamento de Física e Meteorologia da Faculdade de Ciências do Câmpus de Bauru da Unesp

Profa. Dra. HENRIETTE MONTEIRO CORDEIRO DE AZEREDO (Participação Virtual) Embrapa Instrumentação / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Araraquara 06 de dezembro de 2024

Faculdade de Ciências
Farmacêuticas -
Câmpus de Araraquara
Rodovia Km 1,
14804-083

<https://www2.fcfa.unesp.br/pos-graduacao/engenharia-de-biomateriais-e-bioprocessos-mestrado-profissional/CNPJ>: 48.031.918/0025-00.

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, fonte de todo saber e para onde todo conhecimento converge. À minha esposa, Maiara Raquel Queiroz Pereira Penna, que sempre acreditou, cuidou e zelou por nossa família e por nossos sonhos. À Donata Campos que sempre permanece em meu coração, nas lembranças e nas orações. À meu pai José Penna Gonçalves Neto e minha avó, Amélia Martins Penna Gonçalves que sempre acreditaram em mim e celebravam cada pequena conquista.

AGRADECIMENTOS

A soberba precede à ruína; e o orgulho, à queda (Pr 16, 18). Pouco se faz sozinho nesta vida e como antídoto para a soberba é necessário experimentar constantemente a gratidão. Ao longo desta jornada, recebi de muitos e de maneiras diversas, auxílio e apoio. Agora deparo-me com a difícil missão de exprimir minimamente os meus agradecimentos. Existe o receio de esquecer-me de alguém, contudo é preciso seguir mesmo que de forma imperfeita, pois um passo dado é melhor que permanecer inerte. Quando não se pode edificar uma catedral, deve-se ao menos separar os tijolos.

Primeiramente agradeço a Deus, fonte de todo bem e de toda graça, que me concedeu, ao longo desta etapa a esperança e fortaleza. Ao Senhor, que continuamente me levantou, e conduziu até aqui, expresso meu amor e gratidão.

Aos meu bom São Josemaria Escrivá por me ajudar a escrever poesia quando a prosa se tornava dura e monótona.

À Santo Tomás de Aquino, pela perseverança e pelo amor aos estudos.

À Nossa Senhora Rainha que me concedeu um lar, o amor materno e que me conduziu desde a infância.

À minha esposa, Maiara Raquel, alicerce de nossa casa, que tornou-se minha família e preencheu nossa casa de amor, cuidado e doação. Sem você não seria possível chegar tão longe, e ainda que chegasse, a vitória seria menos bela. Obrigado por acreditar em nós, e sobretudo por toda inspiração que você me gera. É inenarrável o bem que me faz.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rondinelli Donizetti Herculano por todo tempo dedicado, desde a graduação, pelos ensinamentos, pela constância, por acreditar em mim e incentivar meu crescimento. Agradeço sobretudo por este último semestre, onde o esforço contínuo converteu-se em resultados.

Ao Mateus Scontri por sua constante ajuda e incentivo.

Ao Paulo Eduardo de Lima Lopes Filho pela paciência e ajuda nas análises de EPR.

À Josana Carla Sasaki pela amizade construída nestes últimos anos pelo exemplo de dedicação e perseverança

À Yanjin Su, por ser um exemplo de dedicação, te desejo sucesso e muitas

conquistas.

Ao Prof. Dr. Fernando Lucas Primo por estar sempre a disposição e auxiliando sempre que precisei.

Ao meu grande amigo e irmão de vida, Henrique Carleti Silva, pela vida partilhada, pelo apoio, por acreditar nesta conclusão e sobretudo por fazer-se sempre presente.

À minha mãe Cristina Maria Correia por seu amor incessante, pelo cuidado, pelo zelo.

À minha irmã, Elen Carolina Correia de Oliveira por cada sorriso, pela alegria cotidiana, e por seu amor tão genuíno por nossa família

À meu irmão Lucas Penna Gonçalves pelas conversas, brincadeiras, planos e amizade, por ser sempre presente no meu cotidiano.

À minha madrinha, Sônia cujo riso faz a família toda mais feliz e cujo amor é tão autêntico.

Aos meus bons amigos, Rodolfo Bandeira e Tarsila Gonçalves, cujo tempo embora nos distancie fisicamente em nada afeta o carinho.

À Letícia Silva Bertoletti por toda ajuda, compreensão e dedicação, por toda entrega e lágrima derramada nos dias mais difíceis.

Ao Ricardo, Paulo e Carmen, que me ajudam a crescer a cada dia, apoiam, e continuamente lutam comigo. Vocês tornaram-se pessoas de um valor inestimável para mim.

Ao meu time que todos os dias atuam bravamente, mesmo em meio as dificuldades, e me ensinam perseverar.

À Regina Helena Munhoz Domingues pela amizade provada pelo tempo e pela distância.

À Isabella Kriunas Demonari, pela amizade construída, pelos conselhos sobre a pós-graduação e pela presença marcante durante o mestrado.

À Renata Castilho Sperli pelas visitas e conversas.

Ao padre Charles dos Reis por manter-se sempre solícito e por estender seus braços quando necessário

Ao padre Leonardo Vieira Bento pelas conversas, visitas, ajuda e orações.

À Luís e Núbia por todo carinho e companheirismo e por perseverarem comigo no bom combate.

Aos meus coroinhas, que me inspiram e fazem com que eu busque ser melhor a cada dia: Rafael, Luna, Vinicius, Gabriel, Davi, Leticia, Dudinha.

À Luiza Caixeta Campione por todas as conversas, por seu coração doce e atento ao Senhor. Que Deus preserve seu olhar aguçado e sua esperança na vida. Obrigado por me fazer sempre olhar para Cristo.

À minha afilhada, Marina Faglione Pereira, por me permitir viver a alegria de ser parte de sua vida. Que tenhamos ainda muitos anos juntos.

À Larissa Lopes Dinois, por todas as conversas, pelas figurinhas partilhadas, por cada missa servida e sobretudo por me ajudar a ser uma pessoa melhor todos os dias.

À Mariana Eduarda por cada partilha e por seus testemunhos. Sua vida e dedicação alegram o meu coração.

À Nicholi Gonçalves, cuja presença faz meus dias mais belos e alegres e cujas dúvidas me arrancam sempre um sorriso de orgulho.

À Carol Neves, que sempre se faz presente, por todo carinho e dedicação. À Isabelle Silva cuja energia é contagiante.

Aos meus amigos Bianca e Rafael, Bárbara e Matheus, Thiago e Izabella, Victoria Baptista, Rafaela Caminaga, Luisa Sutani, Vicente Elio Sutani, Isadora Marcatto, por todo companheirismo.

À Bianca Medeiros pelo carinho e amizade ao longa da vida. À Dominic Campos por quem sempre torço e me alegro

À Débora Campos que nestes anos todos estendeu sua família a mim e cuja presença me faz mais feliz.

Ao Adriano Fuini, Roberta e Giovana, que neste ano trouxeram sua amizade e dedicação e cuja presença se torna cada vez mais valiosa.

Ao Lucas Felipe Jesus Camargo Amaragi pela perseverança e fortaleza que demonstra todos os dias

À Tainah Yuka Nagayoshi, pela amizade dedicada nestes anos, admiro sua dedicação e torço sempre por você.

Ao Victor Eiji Ohara cuja amizade e parceria neste ano gerou bons frutos para vinha do Senhor.

Ao Jonathan, Maíza e Sérgio que tornaram-se minha família e sempre me apoiaram nos momentos de dificuldade.

Ao Giovani Teixeira Ballione pelos ensinamentos, pelas dúvidas atendidas e pelo companheirismo.

Ao Cauê Felici Muniz dos Santos (*in memoriam*) por seu exemplo de amor e dedicação ao que faz, por sua gentileza, humildade e amizade. Que Deus o receba e conforte os que aqui permaneceram.

Aos que por lapso de memória acabaram não sendo citados, peço perdão. Espero ainda retribuir a cada um que me ajudou ao longo da vida, e agradeço ao Senhor por tão generosamente me envolver por pessoas tão singulares, solícitas e imensamente valiosas.

“Não basta fazer coisas boas. É preciso fazê-las bem.”

Santo Agostinho

RESUMO

As grandes perdas relatadas na literatura no que se refere à cadeia de produção de alimentos afeta não apenas a economia das nações, como também agrava o problema da fome no mundo. Baseado nisso, este estudo busca uma alternativa que permita estender o tempo de vida de prateleira de frutos minimamente processados de forma sustentável. Neste estudo comparou-se três formulações de bioplástico: FAG (fécula de mandioca, albumina e glicerol), FAGNAT (fécula de mandioca, albumina, glicerol e óleo de rícino *in natura*) e FAGNANO (fécula de mandioca, albumina, glicerol e nanoemulsão de óleo de rícino). A nanoemulsão produzida apresentou baixo valor de índice de polidispersão ($0,16$

$\pm 0,02$) e diâmetro de partícula médio de $194,5 \pm 10,4$ nm. Para a atividade antioxidante, o óleo rícino *in natura* apresentou atividade antioxidante de 40,96%, enquanto a nanoemulsão do óleo obteve resultados da ordem de 50,5%. Nos testes de atividade antioxidante para os bioplásticos, após degradação, o bioplástico FAGNANO apresentou a maior atividade antioxidante, chegando ao valor de 48,92%. Visualmente os três bioplásticos mostraram-se transparentes, flexíveis e homogêneos à olho nu (macroscopicamente). As caracterizações físico-químicas dos bioplásticos evidenciaram que a blenda FAG apresentou o maior valor de grau de intumescimento em água, enquanto os espectros de infravermelho (FTIR) não apontaram formações ou desaparecimento de novas ligações para nenhum dos bioplásticos. Além disso, FAGNANO apresentou a maior deformação máxima (17,54 mm), atingindo um valor 208,17% maior que FAGNAT. Entretanto, o bioplástico FAG foi mais rígido, apresentando um maior módulo de Young (4,92MPa). Finalmente, no que concerne aos testes de *shelf life* (avaliação visual do aspecto dos frutos) e perda de massa fresca do fruto, foi constatado que nenhum dos bioplásticos estendeu de modo satisfatório o tempo de vida de prateleira para os testes com imersão. No entanto, para o ensaio do bioplástico como revestimento obteve-se, a olho nú, uma maior preservação, dos frutos analisados, quando comparados ao grupo controle, apontando uma possível aplicação para os materiais estudados.

Palavras-Chave: bioplástico; fécula de mandioca; albumina; glicerol; óleo de rícino; nanoemulsão; revestimento; abóbora cabotiá; melão

ABSTRACT

The large losses reported in the literature regarding the food production chain affect not only the economy of nations, but also aggravate the problem of hunger in the world. Based on this, this study seeks an alternative that allows extending the shelf life of minimally processed fruits in a sustainable way. In this study, three bioplastic formulations have been compared: FAG (cassava starch, albumin and glycerol), FAGNAT (cassava starch, albumin, glycerol and castor oil in natura), FAGNANO (cassava starch, albumin, glycerol and castor oil nanoemulsion). The nanoemulsion produced in this study presented a low polydispersion index value (0.168 ± 0.02) and an average particle diameter of $194.5 \pm 10.42\text{nm}$. For the antioxidant activity, the castor oil showed antioxidant activity of 40.96%, while the nanoemulsion of this oil obtained results of around 50.5%. In the antioxidant activity tests for the bioplastic, after water degradation, the FAGNANO bioplastic showed the highest antioxidant activity, reaching a value of 48.92%. Visually, the three bioplastics were transparent, flexible and homogeneous. The bioplastic characterization tests showed that the FAG blend presented the maximum swelling degree. In the tensile test, FAG presented the highest Young's modulus among the bioplastics (4.92MPa) while FAGNANO presented the highest maximum deformation (17,54mm), reaching a value 208.17% higher than FAGNAT. Infrared (FTIR) spectra did not show new bindings formation for any of the bioplastics. Regarding the shelf life and fruit mass loss tests, we found that none of the bioplastics satisfactorily extended the shelf life for the immersion assay. However, for the test of the bioplastic as a coating, a greater visual preservation of the analyzed fruits was obtained, when compared to the control group. Thus, our results indicated these blends can be applied for fruits preservation.

Keywords: bioplastic; cassava starch; egg albumin; glycerol; castor oil; nanoemulsion; coating; cabotia pumpkin, melon

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perdas e desperdício de frutas e vegetais ao longo da cadeia de produção em diferentes regiões do globo.....	23
Figura 2. Linha do tempo da história dos plásticos, das primeiras descobertas ao avanço tecnológico.	25
Figura 3. Estrutura geral dos aminoácidos (A) e representação dos níveis estruturais das proteínas (B).	33
Figura 4. Sementes de rícino (A) e óleo de rícino (B)	36
Figura 5. Esquema representativo Avaliação do potencial antioxidante (DPPH) por EPR.....	45
Figura 6. Preparo de placas de secagem: Molde utilizado para confecção das placas de secagem (A). Placa onde a solução filmogênica foi depositada para secagem (B).	46
Figura 7. Esquema representativo do processo de confecção do bioplástico FAG..	47
Figura 8. Esquema representativo do processo de confecção do bioplástico FAGNAT.	48
Figura 9. Esquema representativo do processo de confecção do bioplástico FAGNANO.	49
Figura 10. Aspecto visual dos bioplásticos desenvolvidos e máquina EMIC DL- 2000 utilizada para ensaios de resistência mecânica	51
Figura 11: Material empregado no ensaio de permeabilidade ao vapor de água, A) tampa com película original, B) tampa com revestimento bioplástico C), conjunto dessecante e vidrarias.....	53
Figura 12: Material empregado no ensaio de shelf life: A) grupo controle sem qualquer revestimento e B) com os bioplásticos.....	56
Figura 13. Espectro UV-Vis do óleo de rícino na concentração de 0,125% (A), nanoemulsão do óleo de rícino com concentração de 0,0039% (B) e sobreposição dos espectros A e B para fins comparativos (C).....	58
Figura 14. Distribuições de tamanho de partícula de óleo de rícino por DLS.....	59
Figura 15. Atividade antioxidante para o óleo de rícino <i>in natura</i> (A) e para a nanoemulsão de óleo de rícino (B). Em (C) podemos ver a comparação entre o óleo de rícino e a nanoemulsão	60

Figura 16. Atividade antioxidante para os bioplásticos FAG(A), FAGNAT(B) e FAGNANO (C) e comparação com todas as amostras (D).	61
Figura 17. Bioplásticos produzidos.....	62
Figura 18. Gráfico de Intumescimento vs tempo de absorção de água	64
Figura 19. Gráfico de Tensão x Deformação dos bioplásticos produzidos.....	66
Figura 20. Espectros dos materiais de partida para composição do bioplástico.....	67
Figura 21. Espectro do bioplástico FAG e espectros dos materiais de partida.....	68
Figura 22. TG E DTG dos Bioplásticos.....	70
Figura 23. Perfil de permeabilidade ao vapor de água relativo e quantitativo.....	71
Figura 24. Comportamento dos diferentes bioplásticos na presença de água nos intervalos de 0 a 165 minutos de estudo	73
Figura 25. Gráfico representativo da perda de massa pelo tempo da abóbora cabotiá e do melão. A) Massa do cabotiá em % em função dos dias, B) Massa do cabotiá em gramas em função dos dias, (C) massa do melão em % vs tempo, D) massa do melão em (gramas) vs tempo.....	75
Figura 26. Avaliação periódica do Melão por imersão com os três revestimentos e um grupo controle no período de 0 a 96h	77
Figura 27. Avaliação de shelf life do cabotiá por imersão	79
Figura 28. Avaliação de shelf life do melão como revestimento.....	82
Figura 29. Avaliação dos melões ao final do período de 96 horas.....	83
Figura 30. Avaliação de Shelf life do cabotiá como revestimento	85
Figura 31. Avaliação das abóboras ao final do período de 240 horas.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual de subnutrição ao redor do globo.....	21
Tabela 2. Análise de DLS para a nanoemulsão de óleo de rícino.....	58
Tabela 3. Dados analisados para o ensaio de resistência mecânica.....	65
Tabela 4. TTVA (g/dia) e PVA (g x mm/dia x KPA x m ²).....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

EPR - Electron paramagnetic resonance

FAG - Bioplástico produzido com fécula de mandioca, glicerol e albumina **FAGNAT** - Bioplástico produzido com fécula de mandioca, glicerol, albumina e óleo de rícino in natura

FAGNANO - Bioplástico produzido com fécula de mandioca, glicerol, albumina e óleo de rícino em nanoemulsão

FAO - Food and Agriculture Organization

FTIR - Fourier-transform infrared spectroscopy

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

DMS - Diferença mínima significativa

ISO - International Organization for Standardization **ASTM** - American Society for Testing and Materials **EUA** - United States of America

PDI – Índice de Polidispersão

PVA – Permeabilidade ao vapor de água

TG - Termogravimetria

DTG – Termogravimetria derivada

TTVA – Taxa de transmissão de vapor de água

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 A fome e as questões sociais	20
1.2 Perda de alimentos (frutos e hortaliças)	22
1.3 Métodos convencionais de conservação de frutas	23
1.4 Justificativa da pesquisa	25
2 OBJETIVOS.....	27
2.1 Objetivo Geral.....	27
2.2 Objetivos Específicos	27
3 REVISÃO DA LITERATURA	28
3.1 Revestimentos biodegradáveis para conservação de frutas.....	28
3.1.1 Polímeros naturais e sintéticos.....	29
3.1.2 Biopolímeros, polímeros verdes e polímeros biodegradáveis.....	29
3.1.2.1 Polímeros biodegradáveis.....	29
3.1.2.2 Biopolímero.....	30
3.1.2.3 Polímeros verdes.....	31
3.2 Desenvolvimento de bioplástico para preservação de frutos.....	31
3.3 Aminoácidos e Proteínas.....	32
3.3.1. As estruturas polipeptídicas e as proteínas.....	33
3.3.2 A estrutura proteica.....	33
3.3.3 Proteínas: albumina.....	34
3.4 Lipídeos.....	35
3.4.1 Óleo de rícino.....	36
3.5 Plastificantes: Glicerina.....	38
3.6 Polissacarídeos e carboidratos: fécula de mandioca.....	38
3.7 Nanoemulsão.....	39
3.8 Aplicação: Frutos minimamente processados.....	40
3.8.1 Abóbora Cabotia.....	41
3.8.2 Melão.....	41
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.1 Materiais.....	43
4.1.1 Materiais para o processamento do bioplástico.....	51
4.1.2 Aquisição dos frutos (abóbora cabotia e melão).....	43
4.1.3 Materiais para a produção da nanoemulsão.....	43

4.2 Métodos.....	43
4.2.1 Preparo da nanoemulsão de óleo de rícino.....	43
4.2.2 Caracterização do óleo de rícino e da nanoemulsão empregando espectrofotometria.....	44
4.2.3 Avaliação do potencial antioxidante (DPPH) do óleo de rícino, nanoemulsão e bioplásticos.....	44
4.2.4 Avaliação do tamanho de partícula e do potencial zeta da nanoemulsão.....	45
4.3 Desenvolvimento das placas de secagem e dos bioplásticos.....	45
4.3.1 Confeção das placas de secagem para os bioplásticos.....	46
4.3.2. Processo de confecção do bioplástico de fécula, albumina e glicerol (FAG).....	46
4.3.3 Processo de confecção do bioplástico de fécula, albumina, glicerol e óleo de rícino in	47
4.3.4 Processo de confecção do bioplástico de fécula, albumina, glicerol e nanoemulsão	48
4.4 Caracterização físico-química e mecânica dos bioplásticos.....	49
4.4.1 Aspecto visual e espessura.....	49
4.4.2 Ensaio de Intumescimento	50
4.4.3 Ensaio de resistência mecânica.....	50
4.4.4 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	51
4.4.5 Análise termogravimétrica (TG e DTG)	51
4.4.6 Permeabilidade ao vapor de água (PVA).....	52
4.4.7 Solubilidade do bioplástico em água.....	53
4.5 Caracterização dos frutos.....	54
4.5.1 Avaliação da perda de massa fresca dos frutos	54
4.5.2 Avaliação do tempo de vida de prateleira dos frutos (shelf life)	55
4.5.2.1 Avaliação do tempo de vida de prateleira dos frutos (shelf life) por imersão do fruto.....	55
4.5.2.2 Avaliação do tempo de vida de prateleira dos frutos (shelf life) por revestimento do fruto com o Bioplástico	57
4.6 Análise estatística.....	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 Caracterização físico-química do óleo de rícino e da nanoemulsão.....	57
5.1.1 Caracterização do óleo de rícino e da nanoemulsão por espectroscopia no UV-Vis.....	57
5.1.2 Espalhamento de luz dinâmico (DLS).....	58
5.1.3 Avaliação do potencial antioxidante (DPPH) do óleo de rícino e nanoemulsão.....	59
5.2 Caracterização físico-química e mecânica dos bioplásticos.....	61
5.2.1. Aspecto Visual e Espessura.....	61
5.2.2 Ensaio de Intumescimento	62
5.2.3 Ensaio de Resistência Mecânica.....	64
5.2.4 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier.....	66
5.2.5 Análise Termogravimétrica (TG e DTG).....	69

5.2.6 Permeabilidade ao vapor de água	70
5.2.7 Degradação do bioplástico em água.....	72
5.3 Caracterização dos frutos.....	74
5.3.1 Perda de Massa dos Frutos.....	74
5.3.2 Avaliação do tempo e vida de prateleira dos frutos (shelf life).....	75
5.3.2.1 Avaliação do tempo de vida de prateleira dos frutos (shelf life) por imersão	75
5.3.2.2 Avaliação do tempo de vida de prateleira dos frutos (shelf life) por revestimento do fruto com o bioplástico.....	81
5.4 Análise Estatística.....	88
5.4.1 Estatística da espessura.....	88
5.4.2 Estatística do Intumescimento.....	88
5.4.3 Estatística da permeabilidade ao vapor de água.....	88
5.4.4 Estatística para a perda de massa.....	88
5.4.4.1. Estatística da perda de massa para o melão	89
5.4.4.2 Estatística da perda de massa para a abóbora cabotiá	89
6 CONCLUSÕES	90
7 PERSPECTIVAS.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, em todo mundo, as perdas e o desperdício de alimentos têm apresentado um aumento significativo, onde mais de 20% são referentes às frutas ou hortaliças. Nos EUA o cenário é ainda mais alarmante, pois perdem-se até 218 bilhões em alimentos anualmente, sendo 39% frutas e vegetais (Abdalla *et al*, 2023). Já no Brasil, os supermercados descartam mais de R\$ 1,3 bilhão em frutas, legumes e verduras (Romeira *et al*, 2021). É importante salientar que parte desse descarte, poderia ser utilizado para o combate a insegurança alimentar que atualmente atinge 900 milhões de pessoas no mundo. Similarmente, poderia promover a redução do preço desses frutos para o produtor, distribuidor e consumidor. Desta forma, a gestão consciente dos recursos naturais na agricultura é urgente (Canaan *et al*, 2022).

Os choques mecânicos, deteriorações fisiológicas e principalmente patológicas que ocorrem nas etapas de manipulação e transporte, venda e consumo representam a maior parte dessas perdas. Algumas culturas tem sido fortemente prejudicadas, tais como: mamão papaia, abóbora-cabotiá, morangos, tomate e etc.

Uma solução para resolver esse problema é a refrigeração, que é considerada uma solução eficaz para a preservação dos frutos, uma vez que reduz o metabolismo da fruto e dos microorganismos, além de reduzir a perda de água. Entretanto, esta tecnologia requer alto consumo de energia e custos de manutenção. Também, os pesticidas e fungicidas sintéticos surgem como alternativa, já que inibem a ação de organismos que atacam as frutas e hortaliças, mas causam danos à saúde humana, à saúde animal e ao meio ambiente. Por fim, uma outra alternativa é revestir esses frutos com plástico à base de petróleo. Trata-se de uma proposta simples, barata e eficaz, porém tem gerado um grande impacto ambiental.

Uma nova tecnologia de tratamento empregada são os revestimentos biodegradáveis, pois são ecossustentáveis. Além disso, eles apresentam propriedades de barreira, e propriedades para carregar aditivos antifúngicos naturais em sua matriz, tornando-os promissores para a redução de perdas agrícolas. Os biopolímeros são amplamente estudados para essa aplicação tais como alginato, biocelulose, quitosana, amido, agarose e a pectina. A pectina é um tipo de fibra solúvel que pode ser encontrada naturalmente em frutas e verduras, como maçã, beterraba e frutas cítricas, sendo abundante e de baixo custo. Já o alginato é um grupo de polissacarídeos extraído de paredes celulares de algas marrons, sendo utilizado como agente estabilizante, espessante e gelificante, na indústria de alimentos. A

celulose bacteriana (ou biocelulose) é um polissacarídeo extracelular formado por bactérias dos tipos: *Gluconacetobacter*, *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Sarcina*, *Azobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Alcaligenes*, entre outros, a partir da fermentação acética. Por fim, a quitosana é derivada da desacetilação da quitina presente no exoesqueleto de crustáceos e insetos e apresenta propriedades antimicrobianas comprovadas. O amido por sua vez, apresenta-se como uma excelente alternativa para utilização em bioplásticos devido a seu baixo custo, alta disponibilidade e propriedade de gelatinização.

Nesta seção, discutimos as principais desvantagens dos plásticos à base de petróleo bem como o uso de bioplásticos a partir de polímeros naturais como uma alternativa promissora, barata e funcional.

1.1 A fome e as questões sociais

A questão da fome, enquanto motivada por aspectos econômicos pode ser estudada a partir do período neolítico, quando o homem, tornando-se pastor e agricultor deixou de depender exclusivamente da caça de animais, e, portanto, do consumo imediato dos alimentos. Embora todos os desdobramentos desta mudança não sejam conhecidos, a possibilidade de armazenar alimentos imprimiu mudanças nesta sociedade primitiva levando-a a desenvolver recursos e tecnologias para proteger estes recursos de predadores, da ação do tempo, e por vezes de outros povos rivais (Alencar, 2001).

Pela projeção, estima-se que cerca de 821 milhões de pessoas no mundo estejam em situação de insegurança alimentar, passando fome, ou subnutridas (Silva, 2020). O Relatório da FAO (2019) fica ainda mais alarmante ao observar a discrepância dos dados quando analisados por continente: os números de subnutrição em algumas regiões de África chegam a 19,7% na projeção do ano 2022, ao passo que para o mesmo período a Europa e a América do Norte tem números abaixo de 2,5% (Tab. 1). Nota-se que o perfil de perdas e desperdícios se altera de acordo com a região analisada. Nas regiões mais desenvolvidas, como Europa, América do Norte e a porção asiática industrializada há uma elevada taxa de alimentos perdidos na etapa de consumo, por desperdício, nas

regiões subdesenvolvidas esta taxa na etapa de consumo é bem menos expressiva. Indicando que a alta disponibilidade de alimento aumente o desperdício, enquanto a

baixa disponibilidade decorre das perdas.

Tabela 1 - Percentual de subnutrição ao redor do globo

Prevalência da Subnutrição (%)										
Ano de Referência	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020*	2021*	2022*
MUNDO	12.1	8.6	7.9	7.8	7.5	7.6	7.9	8.9	9.3	9.2
Africa	19.2	15.1	15.8	16.6	16.5	16.6	17.0	18.7	19.4	19.7
África do Norte	6.2	4.7	5.4	5.7	6.0	6.0	5.8	6.0	6.9	7.5
África Sub-Saariana	22.5	17.6	18.2	19.1	18.9	19.1	19.5	21.6	22.2	22.5
África Oriental	31.7	23.8	24.6	26.2	26.2	26.0	26.7	28.1	28.4	28.5
África Central	31.9	22.5	23.3	24.7	23.7	24.4	24.8	27.6	28.5	29.1
África Meridional	5.1	7.2	9.3	8.3	7.8	7.7	8.3	9.5	10.0	11.1
África Ocidental	12.2	10.8	10.6	10.7	10.6	11.1	11.0	13.7	14.5	14.6
ASIA	13.9	9.3	8.0	7.5	7.0	7.1	7.4	8.5	8.8	8.5
Asia Central	13.8	6.6	4.0	3.8	3.5	3.1	2.8	3.3	3.2	3.0
Asia Oriental	6.8	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
Sudeste Asiático	17.3	11.1	7.5	6.5	5.8	5.5	5.3	5.3	5.3	5.0
Sul da Ásia	20.2	15.4	14.0	12.9	12.2	12.3	13.3	15.6	16.4	15.6
Ásia Ocidental	7.9	6.5	9.1	10.0	9.8	10.3	10.3	10.5	10.2	10.8
Ásia Ocidental e Norte da África	7.1	5.7	7.4	8.0	8.1	8.3	8.2	8.4	8.7	9.2
América Latina e Caribe	9.3	6.2	5.3	6.1	5.8	5.9	5.6	6.5	7.0	6.5
Caribe	18.4	14.7	13.2	13.5	13.2	14.0	14.2	15.2	14.7	16.3
América Latina	8.6	5.6	4.7	5.5	5.2	5.3	4.9	5.9	6.4	5.8
América Central	8.1	6.8	6.7	6.2	6.1	6.1	5.1	4.8	5.0	5.1
América do Sul	8.8	5.1	3.9	5.2	4.9	5.0	4.9	6.3	7.0	6.1
Oceania	6.9	6.5	6.2	6.1	6.1	6.4	6.4	6.0	6.6	7.0
América do Norte e Europa	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5

Fonte: FAO 2023, adaptado pelo autor

Alencar (2001) afirma que a segurança alimentar é imprescindível para o desenvolvimento da sociedade, que pode colapsar se este fator não for devidamente tratado. De fato, essa radical mudança no estilo de vida foi observado nos povos primitivos possibilitando o aumento populacional, uma busca cada vez mais acentuada por solos cultiváveis que levou a disseminação do homem pelo globo terrestre, toda vez que, no curso da história, a segurança alimentar for gravemente afetada, a incapacidade de restabelecê-la foi seguida, mais cedo ou mais tarde, de sérios distúrbios sociais:

comoções internas determinando mudanças no poder, amplos movimentos migratórios em busca de regiões mais férteis ou, até mesmo, o fim de um Estado, quer vítima de conquista ou de rápido declínio e eventual colapso.

A fome, dentro do atual contexto social pode ser definida como a falta dos elementos nutritivos sem os quais não é possível garantir a manutenção da saúde de um indivíduo. Ela pode ser ainda classificada como qualitativa e quantitativa, pois além do volume de alimentos disponível é preciso considerar a composição nutricional dos mesmos (Bliska, 2009).

Mostra-se de forma evidente que a questão da fome no mundo está relacionada a organização técnica das áreas cultivadas e das questões sociais e políticas da nação. (Bliska, 2009). É interessante comparar os relatórios da FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) em período anterior a pandemia, e pós pandemia, uma vez que fica evidente o aumento da subnutrição a partir de 2020, quando comparado aos anos anteriores. Sabe-se que nas últimas décadas houve um declínio da fome no mundo, evidenciado pela queda da desnutrição. Nota-se que até 2015 houve uma acentuada queda nos números relativos à subnutrição no mundo. Entre 2015 e 2017 houve uma mudança nesta tendência e aumento da subnutrição.

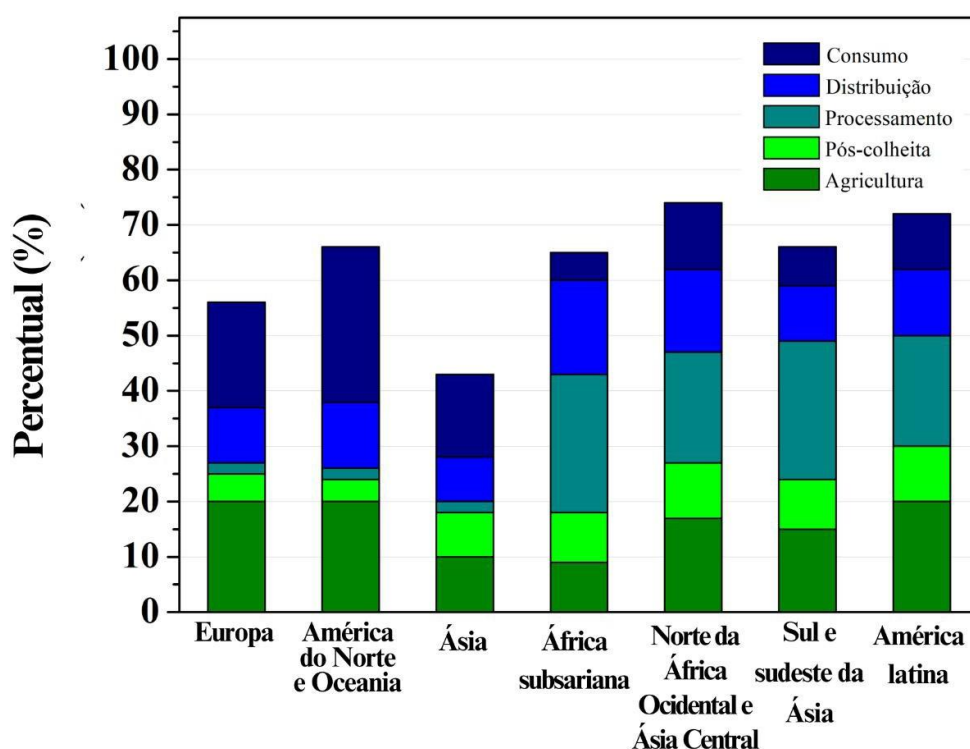
1.2 Perda de alimentos (frutos e hortaliças)

A nível global, os estudos sugerem uma taxa de perda de alimentos de quase 1/3 do total produzido, as perdas e os desperdícios dos frutos e vegetais são estimados em 40% e 50% (Onwude, 2020). Segundo o relatório da FAO (2019) as perdas de alimentos no mundo são avaliadas em 400 milhões de dólares por ano, e o volume perdido seria suficiente para alimentar 1,26 milhões de pessoas (Fig. 1). O Relatório da FAO (2011) traz dados que buscam entender as principais etapas onde ocorrem as perdas e desperdícios de frutas e vegetais. As etapas de distribuição, processamento, e consumo, representam uma fatia importante do percentual de perdas.

Em relação as frutas, o Brasil vem se destacando no cenário mundial como importante produtor, chegando a ocupar a terceira posição no ranking dos maiores produtores, com quase 40 milhões de toneladas anuais produzidas (Almeida 2020; Almeida 2021). Apesar da grande produção, o número associado as perdas de frutas e hortaliças é muito expressivo, impossibilitando ao consumidor final ter acesso ao alimento produzido. Estima-se que um percentual de perdas que varia de 10% a

40% (Almeida 2021; Embrapa 2018; Lana 2018; Savary 2012). Além de ser o quinto país mais populoso do mundo, a produção de alimentos no Brasil é bastante significativa, uma vez que o país se encontra entre as 7 nações que são responsáveis por 55% do total de exportações no mundo (Marangoni, 2021). Os principais estudos sobre as perdas de alimento são baseados nos relatórios da FAO, entretanto é importante ressaltar que a análise regional pode trazer dados ainda mais preocupantes (FAO, 2019; FAO 2020; Corrêa 2022).

Figura 1 - Perdas e desperdício de frutas e vegetais ao longo da cadeia de produção em diferentes regiões do globo.



Fonte: FAO (2015)

1.3 Métodos convencionais de conservação de frutas

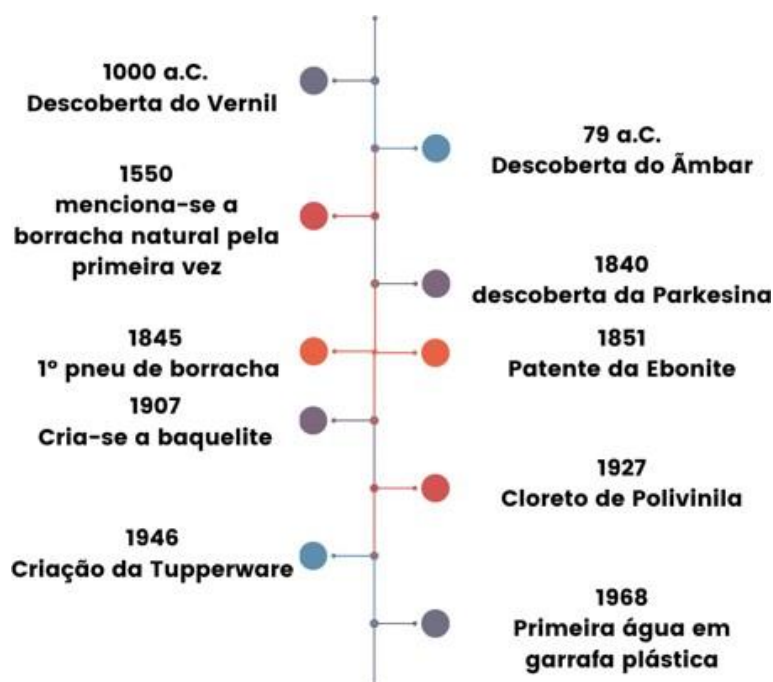
No pós-colheita, entre os métodos utilizados pode-se citar a cadeia do frio, que consiste na refrigeração do fruto associada à alta umidade e à circulação do ar, e a criação de atmosferas modificadas através da alteração da disponibilidade e proporção de gases como O_2 , O_3 , CO_2 e N_2 (Romeira *et al*, 2021). Contudo, esses métodos exigem alto consumo de energia, alto custo de aplicação e manutenção, além disso, esses métodos não protegem o vegetal das injúrias mecânicas às quais são submetidos até chegarem ao consumidor.

Também, na etapa pré-colheita, especificamente contra a contaminação por

fungos, são empregados predominantemente os fungicidas químicos sintéticos. Contudo, além de seu emprego estar relacionado à danos provocados à saúde humana, ao meio ambiente e desenvolvimento de patógenos resistentes, atualmente observa-se a tendência de consumidores – e consequentemente legislações e mercados importadores - em preferirem produtos cultivados em sistemas de agricultura orgânica (Abdalla *et al*, 2023). Além disso, o plástico (desenvolvido em meados do século XX) é uma alternativa para o aumento do tempo de prateleira de alimentos. Tratam-se de polímeros sintéticos que tem origem a partir de hidrocarbonetos de petróleo. No entanto, resíduos desses plásticos podem ser encontrados em ambiente aquático e terrestre, pois seu tempo de decomposição pode ser entre centenas a até milhares de anos (Almeida 2020; Hossain, 2020).

A história dos plásticos (Fig. 2) torna-se mais relevante a partir de 1840, quando Alexander Parkes desenvolveu a Parkesina, material de origem biológica, capaz de ser moldado quando aquecido (Gorni, 2003). Durante e após a segunda guerra mundial, houve inúmeros novos inventos relacionados aos plásticos: Cloreto de Polivinila (1927), Poliestireno (1938), Náilon (1938), Polietileno (1942). O plástico então, invadiu o cotidiano de todo o ocidente, passando a ser empregado em diversos setores e tornando-se cada vez mais acessível: a Tupperware (1946) e a água mineral Vittel em 1968. Esses casos são exemplos de como o plástico passou a ser bastante comum na sociedade (Chalmin, 2019).

Figura 2 - Linha do tempo da história dos plásticos, das primeiras descobertas ao avanço tecnológico.



Fonte: Próprio Autor

Arévalo (2021) traz dados interessantes sobre a produção e destino final do plástico produzido ao redor do mundo: estimou-se que no ano de 2015 foram produzidas mais de 6,3 milhões de toneladas de plástico, dos quais apenas 9% foram reciclados. Deste montante, afirma Arévalo, 12% foi incinerado e 79% se encontra acumulado no meio ambiente. O autor afirma ainda que o plástico se insere na cadeia alimentar de diversos organismos, afetando diretamente a pesca e a agricultura, além de afetar a saúde humana.

Neste contexto, o acúmulo de plástico no meio ambiente evidencia a necessidade de um modelo de desenvolvimento sustentável, que evite esses materiais como alternativa para preservação de frutos.

1.4 Justificativa da pesquisa

Este trabalho, busca o desenvolvimento de uma alternativa ecologicamente sustentável para reduzir as perdas e desperdícios de frutos, considerando-se os

fatores econômicos, tais como a viabilidade econômica. Para isso buscou-se por um polímero oriundo de matérias primas baratas. Além disso, decidimos aplicar esse polímero em frutos já amplamente difundidos em sua forma minimamente processado.

Como evidenciado, o melão e a abóbora cabotiá, devido a sua casca rígida, são comumente encontrados em mercados sob a forma minimamente processado, trazendo praticidade para o consumidor final, entretanto a remoção desta estrutura de proteção natural dos frutos acarreta, inevitavelmente na perda de qualidade e consequente prejuízo nutricional dos alimentos.

Neste trabalho, produzimos um bioplástico biodegradável, usando fécula de mandioca devido ao baixo custo, alta disponibilidade e capacidade de se transformar em fécula termoplástica. Além disso, a inserção do óleo de rícino foi empregado para diminuir a permeação ao vapor de água das cadeias poliméricas, aumentando seu tempo de prateleira. Por fim, o intuito de utilizar a nanoemulsão foi aumentar a incorporação do óleo de rícino, uma vez que este apresenta baixa solubilidade em solução filmogênica, uma vez que esta é altamente hidrofílica.

6 CONCLUSÕES

A nanoemulsão de óleo de rícino mostrou-se visualmente estável (sem separação visual de fases) e apresentou PDI: $0,168 \pm 0,02$, com tamanho de partícula de $194,5 \pm 10,42\text{nm}$, que permitiu uma melhor compatibilidade durante a formação dos bioplástico, pois o óleo de rícino apresenta baixa solubilidade em água. A atividade antioxidante (AA) do óleo de rícino *in natura* foi de 40,96%, enquanto para o óleo de rícino nanoestruturado (nanoemulsão) foi de 50,5%, mostrando que a formulação potencializou a AA do material.

A nanoemulsão permitiu maior facilidade de preparo do bioplástico, reduzindo a contaminação e perda de amostras. O bioplástico FAGNANO mostrou-se mais homogêneo na análise do aspecto visual em relação ao FAG e FAGNAT. Além disso, FAGNANO apresentou os melhores resultados para o alongamento máximo (208,17% maior que FAGNAT), devido a sua associação com a nanoemulsão. As análises de FTIR, mostraram nenhuma formação ou desaparecimento de ligações químicas, inferindo que a nanoemulsão possa ter permitido uma maior mobilidade das moléculas dentro da cadeia polimérica. Análise termogravimétrica (TG e DTG), mostrou que FAGNAT foi mais estável termicamente que FAGNANO e FAG, apresentando menor perda de massa térmica. No entanto, FAGNANO se mostrou menos susceptível, visualmente, à degradação pela água.

Finalmente, no ensaio de perda de massa fresca do fruto e *shelf life* por imersão não foi possível estender de modo satisfatório o tempo de prateleira dos frutos testados em relação ao grupo controle (sem revestimento). Porém, quando empregados como revestimento, de forma a envolver os frutos como uma embalagem tradicional, foi possível notar diferenças evidentes entre os grupos o que indica que os bioplásticos apresentam um potencial de aplicação na preservação de frutos microprocessados.

Em resumo, nossos achados mostraram que nossos bioplásticos apresentaram características interessantes para a aplicação em frutos microprocessados, como a transparência, flexibilidade e capacidade de permeabilidade de gases, sendo uma excitante alternativa para revestir melão e cabotiá.

7 PERSPECTIVAS

A matriz polimérica desenvolvida apresentou-se com boas características de transparência e homogeneidade. No entanto, para uma melhor avaliação da morfologia da superfície do bioplástico, uma análise de microscopia de força atômica (AFM) seria interessante para entender de forma mais precisa a alteração que o óleo e a nanoemulsão poderiam gerar no revestimento polimérico.

Seria interessante realizar um teste de atividade microbiológica, visando compreender se existe variação entre os frutos tratados com os bioplásticos FAG, FAGNAT e FAGNANO.

Como o tamanho das partículas da nanoemulsão pode alterar a atividade antimicrobiana, talvez uma perspectiva futura seria produzir nanoemulsões de óleo de rícino com diferentes tamanhos de partículas, a fim de verificar se haverá alguma potencialização da atividade antifúngica ou antibacteriana.

Por fim, é importante ressaltar que os frutos revestidos neste trabalho foram deixados em temperatura ambiente. Contudo, a técnica de revestimento não exclui outras formas de preservação como a refrigeração. Sendo assim, a ação sinérgica dos revestimentos e da refrigeração podem apontar resultados interessantes e boas perspectivas de aplicação.

Com esses estudos complementares, talvez este revestimento desenvolvido possa ser um potencial substituto para o plástico comum (PVC) comumente empregado no dia a dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, G. *et al.* Eco-sustainable coatings based on chitosan, pectin, and lemon essential oil nanoemulsion and their effect on strawberry preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 249, p. 126016–126016, 1 set. 2023.

ALENCAR, Á. G. DE. Do conceito estratégico de segurança alimentar ao plano de ação da FAO para combater a fome. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 44, n. 1, p. 137–144, jun. 2001.

ALLEONI, A. C. C.; JACOMINO, A. P.; ROSA, A. S. Recobrimento de laranja “Pêra” com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 8, p. 1221–1226, ago. 2006.

ALMEIDA, E. I. B. *et al.* **PERDAS PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS NO MARANHÃO ESTIMATIVAS, CAUSAS, IMPACTOS E SOLUÇÕES**. São Luís: EDUFMA, 2020. 160 p. ISBN 978-65-86619-34-8.

ALVARADO, H. L. *et al.* Nanoemulsion Strategy for Ursolic and Oleanic Acids Isolates from *Plumeria Obtusa* Improves Antioxidant and Cytotoxic Activity in Melanoma Cells. **Anti-cancer agents in medicinal chemistry**, v. 18, n. 6, p. 847–853, 2018.

ALMEIDA, S.L. **Consumo de embalagens plásticas em serviço de nutrição de um hospital universitário – avaliação de consumo antes e durante pandemia por Covid-19**. 2021. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Nutrição) - Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2021.

ALVES, A.A.B. E. **logurte enriquecido com albumina do ovo: desenvolvimento e análise de mercado**. 2023. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia.) - Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [S. l.], 2023.

ANJOS, J. R. C. D. **Características sensoriais de barras proteicas à base de clara de ovo enriquecidas com farinha de casca de uva (*Vitis vinífera*)**. 2019. 94 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em ciência animal) - Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho –UNESP, [S. l.], 2019.

BARON, L. F.; PAZINATTO, R.; BARON, C. P. Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 26597, 29 abr. 2020.

BATISTA, F.B. *et al.* Utilização de filmes plásticos e comestíveis na conservação pós-colheita de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 572–576, 1 dez. 2007.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y. J. K.; LIMA, D. P. DE. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 306– 319, 2011.

BLISKA, F. M. de C.; *et al.* A propagação da fome no mundo: questão financeira, tecnológica ou política? **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 379–389, 2009.

BRAHIMI, F.T.; *et al.* Diazole and triazole derivatives of castor oil extract: synthesis, hypoglycemic effect, antioxidant potential and antimicrobial activity. **Grasas Y Aceites**, v. 71, n. 4, p. 378–378, 30 dez. 2020.

BRITO, G.F.; *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011. Disponível em: <https://remap.revistas.ufcg.edu.br/index.php/remap/article/view/222/204>. Acesso em: 12 maio 2024.

BRASIL, C. R. S. **Algoritmo evolutivo de muitos objetivos para predição ab initio de estrutura de proteínas**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
doi:10.11606/T.55.2012.tde-20072012-163056. Acesso em: 2025-03-31.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais : uma introdução**. Rio De Janeiro: Ltc, 2008.

CANAAN, J. M. M. *et al.* Soybean processing wastes and their potential in the generation of high value added products. **Food Chemistry**, v. 373, p. 131476, 30 mar. 2022.

CHITARRA, M. I. F.; Chitarra, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. amp. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783 p.

COLPES, J.M. **Efeito do extrato de própolis e dos óleos de rícino e de alecrim nas propriedades de resinas acrílicas para prótese : uma revisão de literatura**. 2014. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/132241>. Acesso em: 25 abr. 2024.

CORRÊA, H. B. S.; Patrício, C. C. **Fortalecimento da agricultura familiar e desenvolvimento sustentável - cooperativismo, ater e pesquisa agropecuária, e ater digital pós-covid-19**. Brasília, DF: FAO, SEAB/PR e IAPAR EMATER, 2022

Cuq, B.; Gontard, N.; Guilbert, S. Thermoplastic properties of fish myofibrillar proteins: application to biopackaging fabrication. Elsevier: **Polymer, França**, v. 38, n. 16, p. 4071-4078, 1997.

CUSTODIO, A.C. *et al.* Purificação Simplificada do Rejeito de Glicerina Bruta da Produção de Biodiesel da Biorrefinaria Berso-UFPE: uma prática sustentável. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2226– 2237, 29 ago. 2022.

CUNHA, L. C. da. **Poluição marinha por plásticos: uma questão de direito internacional**. 2017. 116 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Direito) - Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

CUNHA, P. L. R. DA; PAULA, R. C. M. DE; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos Da Biodiversidade Brasileira: Uma Oportunidade De Transformar Conhecimento Em Valor Econômico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 649–660, 2009.

DANAEI, M. *et al.* Impact of Particle Size and Polydispersity Index on the Clinical Applications of Lipidic Nanocarrier Systems. **Pharmaceutics**, v. 10, n. 2, p. 57, 18 maio 2018.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. DA. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945–954, 1 jun. 2009.

FAKHOURI, Farayde Matta. **Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis à base de amido e gelatina**. 2009. 271 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, [S. l.], 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of food security and nutrition in the world: transforming food systems for affordable healthy diets**. Rome: FAO, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9692en>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (ED.). **Global food losses and food waste**. Roma, Italy: Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of food and agriculture 2019: moving forward on food loss and waste reduction**. Roma, Italy: Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019.

FAORO, A. D. Desenvolvimento de nanoemulsões contendo compostos fenólicos do bagaço da uva para aplicação cutânea visando atividade antioxidante. 2019.

FRONZA; T; TEIXERA, H.;, A. Nanoemulsões como sistemas de liberação para fármacos oftálmicos. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 23, n. 4, p. 558–566, 1 jan. 2004.

GEORGE, H. K. *et al.* Avaliação do biopolímero de óleo de mamona, glicerol e ácido cítrico no processo de cicatrização de feridas. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, n. 19.

GORNI, A. A. **A evolução dos materiais poliméricos ao longo do tempo**. Revista plástico industrial, 2003. Disponível em: https://www.gorni.eng.br/hist_pol.html.

HASAN, M.; RAHMAYANI, R. F. I.; MUNANDAR. Bioplastic from chitosan and yellow pumpkin starch with castor oil as plasticizer. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 333, p. 012087, mar. 2018.

HORIE, K. *et al.* Definitions of terms relating to reactions of polymers and to functional polymeric materials (iupac recommendations 2003). **Pure and Applied Chemistry**, v. 76, n. 4, p. 889–906, 1 jan. 2004.

HOSSAIN, MD. I.; MAHBUB TUHA, M. A. S. Biodegradable plastic production from daily household waste materials and comparison the decomposing time with synthetic polyethylene plastic. **International Journal of Advancement in Life Sciences Research**, v. 3, n. 3, p. 16–19, 27 jul. 2020.

INNOCENTNI-MEI, L. H.; MARIANI, P. D. S. C. **Visão geral sobre polímeros ou plásticos ambientalmente biodegradáveis pads**. Campinas: [s. n.], 2005.

Disponível em:

https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/dtp_edps.pdf. Acessado em: Nov. 2022.

JAISWAL, M.; DUDHE, R.; SHARMA, P. K. Nanoemulsion: an advanced mode of drug delivery system. **3 Biotech**, v. 5, n. 2, p. 123–127, 8 abr. 2014.

JONES, A.; ZELLER, M.; SHARMA, S. Thermal, mechanical, and moisture absorption properties of egg white protein bioplastics with natural rubber and glycerol. **Progress in Biomaterials**, v. 2, n. 1, p. 12, 2013.

JUNIOR, S. *et al.* Formação de nanoemulsões do tipo óleo em água contendo óleo de semente de romã. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, v. 14, n. 1, p. 115–122, 2016.

KASPARAVIČIENĖ, GIEDRĖ *et al.* Evaluation of extraction factors influence on total phenolic content and antioxidant activity of *Melissa officinalis* L. Leaves extracts. **Chemija**, v. 28, n. 1, 31 mar. 2017.

LANA, M. M. Perdas e desperdício de hortaliças no BRASIL. In: EDIÇÕES CÂMARA (Ed.). **Cadernos de trabalhos e debates (3)**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados: [s.n.]. p. 87–114.

LEÔNCIO, G. J. B. *et al.* Desenvolvimento e caracterização de filmes poliméricos de amido extraído do caroço da jaca (*Artocarpus heterophilus*) e polivinilpirrolidona para utilização como curativo. **Research Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e73111234186-e73111234186, 7 set. 2022.

LIMA, B. N. B. *et al.* Estudo Do Amido De Farinhas Comerciais Comestíveis. **Polímeros**, v. 22, p. 486–490, 2012.

LIMA, J. S. S. **Desenvolvimento de revestimento à base de concentrado protéico de soro de leite e óleo essencial de erva doce e sua eficiência na vida pós-colheita de mamão "golden"**. 2015. 75 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2015.

LOREVICE, M. V. **Nanoemulsões de óleos essenciais: mecanismos de estabilidade e interação com pectina em bionanocompósitos para aplicação em embalagens ativas**. 2019. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11829>.

MADALENA, C. L. S. *et al.* Uma revisão do uso do óleo de rícino proveniente da mamona (*Ricinus communis* L.), em diversos setores industriais e combustíveis. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 1–12, 15 dez. 2017.

MAHOBIA, S.; BAJPAI, J.; BAJPAI, A. K. An *In-vitro* investigation of swelling controlled delivery of insulin from egg albumin nanocarriers. **Iranian journal of pharmaceutical research : IJPR**, v. 15, n. 4, p. 695–711, 2016.

MARANGONI, S. M. *et al.* Práticas Antiperdas Na Fase Pós-Colheita Em Uma Cadeia De Abastecimento De Hortaliças. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1–18, 27 set. 2022.

MUSSAGY, C. U. *et al.* Eutectic solvent-based bioactive films functionalized with microbial astaxanthin extends shelf life of fresh strawberries. **Materials Today Chemistry**, v. 33, p. 101721–101721, 13 set. 2023.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 8. ed. S.L.: W H Freeman, 2022.

NAJWAN, H. N. *I. Characterization of Some Natural Oils Used for Medical Purposes by Ultraviolet – Visible spectroscopy*. **journal of the college of basic education**, v. 25, n. 105, p. 36–44, 1 dez. 2019.

NETO, S. S. D. O. **Caracterização Agromorfológica E Reação Ao Mofo Cinzento De Acessos De Mamoneira**. 2017. 76 p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Agronomia (Agricultura).) - à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, [S. l.], 2017.

NUNES, E. E. *et al.* Vida útil de pêssegos “aurora 2” armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 438–440, dez. 2004.

NUNES, J. *et al.* Influência da nanoemulsão de óleo essencial de limão em filmes à base de gelatina. **Química Nova**, 2018.

OGUNNIYI, D. Castor oil: a vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 9, p. 1086–1091, jun. 2006.

ONWUDE, D. I. *et al.* Recent advances in reducing food losses in the supply chain of fresh agricultural produce. **Processes**, v. 8, n. 11, p. 1431, 9 nov. 2020.

OTONI, C. G. *et al.* Recent advances on edible films based on fruits and vegetables- a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1151–1169, 4 jul. 2017.

PENNA, R.. **Desenvolvimento, estudo e caracterização de biopolímero a base de amido de mandioca e albumina com potencial aplicação para revestimento de frutas e alimentos**. 2022. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, [S. l.], 2022.

PINZI, S. *et al.* Castor oil enhanced effect on fuel ethanol-diesel fuel blend properties. **Applied Energy**, v. 224, p. 409–416, 1 ago. 2018.

OLIVEIRA, N.; PIRES, Y. **Aumento da produção de lixo no brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores**. [S. l.]: Agência Senado, 2021. Disponível em:
<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-de-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-catadores>. Acesso em: 16 jul. 2024.

RAJESTARY, R.; LANDI, L.; ROMANAZZI, G. Chitosan and postharvest decay of fresh fruit: meta-analysis of disease control and antimicrobial and eliciting activities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 1, p. 563–582, 23 nov. 2020.

RIBEIRO, A. J. M. Proteína. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 3, 30 out. 2014.

ROMEIRA, K. M. *et al.* Residual Starch Packaging Derived from Potato Washing Slurries to Preserve Fruits. **Food and bioprocess technology**, v. 14, n. 12, p. 2248–2259, 20 out. 2021.

RUDIN, A.; CHOI, P. **Ciência de engenharia de polímeros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 497 p. ISBN 978-85-552-7041-9.

SANTANA, M. C. A. *et al.* Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 8, p. 1–14, 2017.

SANTOS, T. A. **Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos a base de amido de jaca com incorporação de lisozima**. 2015. 65 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, [S. l.], 2015.

SARANTI, T. F. DA S. *et al.* Performance of Gelatin Films Reinforced with Cloisite Na⁺ and Black Pepper Essential Oil Loaded Nanoemulsion. **Polymers**, v. 13, n. 24, p. 4298, 1 jan. 2021.

SASAKI, J. C. S. **Celulose bacteriana e pectina: uma blenda polimérica para a conservação de morangos**. 2021. 103 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas UNESP, [S. l.], 2021.

SAVARY, S. *et al.* Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. **Food Security**, v. 4, n. 4, p. 519–537, 15 jul. 2012.

SCHIAVI, T.M. ; APARECIDA, W. Cenário petrolífero: sua evolução, principais produtores e tecnologias. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, 31 maio 2015.

SCHNEIDER, R. C. S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. 2003. 240 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Química) - Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [S. l.], 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/17513>. Acesso em: 31 mar. 2024.

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**, v. 28, n. 1, p. 79–88, 2007.

SILVA, A.G.P; FARIA,L.J.G.; COSTA, C.M.L. Otimização do processo de secagem dos frutos do açaí (*Euterpe Oleracea Mart*) em secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Universidade Federal do Pará, 2015. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1116-20897-174602.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025.

SILVA, M. L. T.; BRINQUES, G. B.; GURAK, P. D. Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

SILVA, M. Z. T. DA. A segurança e a soberania alimentares: conceitos e possibilidades de combate à fome no brasil. **Configurações**, n. 25, p. 97–111, 12 jun. 2020.

SOBRAL, P. J. do A. *et al.* Propriedades de filmes comestíveis produzidos com diferentes concentrações de plastificantes e de proteínas do músculo de tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 255–262, 1 mar. 2004.

SOGAN, N. *et al.* Larvicidal activity of castor oil nanoemulsion against malaria vector anopheles culicifacies. **International Journal of Mosquito Research**, v. 5, n. 3, 2018.

SOUZA, R. F. *et al.* Thermal optical nonlinearity enhanced by gold nanoparticles. **Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering/Proceedings of SPIE**, 31 ago. 2006.

TONELI, J.T. *et al.* Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista brasileira de produtos**, v. 7, n. 2, p. 181–204, 2005.

TORRENEGRA, M. *et al.* Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Analysis of Biodegradable Films Based on Modified Colombian Starches of Cassava and Yam. **International Journal of ChemTech Research**, v. 11, n. 11, p. 184–192, 2018.

VALÉRIO, D. B. **Avaliação de diferentes formas de acondicionamento na qualidade pós-colheita de mamão papaia (*Carica papaya* L.).** 2017. 35 p. Monografia de Graduação (Bacharel em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/17942>. Acesso em: 19 mar. 2024.

VALERO, M. F.; GONZALEZ, A. Polyurethane adhesive system from castor oil modified by a transesterification reaction. **Journal of Elastomers & Plastics**, v. 44, n. 5, p. 433–442, 14 mar. 2012.

VAN SOEST, J. J. G.; VLIEGENTHART, J. F. G. Crystallinity in starch plastics: consequences for material properties. **Trends in Biotechnology**, v. 15, n. 6, p. 208–213, jun. 1997.

VIANA, E. B. M. **Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de banana verde (*musa paradisíaca* L.) Nativo e modificado por tratamento hidrotérmico.** 2020. 63 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., [S. l.], 2020.

VERT, M. *et al.* Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). **Pure and Applied Chemistry**, v. 84, n. 2, p. 377–410, 11 jan. 2012.

VIEIRA, Gleds Alves. **Síntese e Caracterização de Polímeros Verdes: Poliésteres do Glicerol e do Ácido Isoftálico.** 2016. 8 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado profissional em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://acervo.ufvjm.edu.br/items/c278b119-d20e-45a7-966e-35aeb902eeee>. Acesso em: 15 maio 2024.

VIEIRA, J. C. *et al.* Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2574–2579, 1 dez. 2010.

VILLANOVA, J. C. O.; ORÉFICE, R. L.; CUNHA, A. S. Aplicações farmacêuticas de polímeros. **Polímeros**, v. 20, n. 1, p. 51–64, 5 mar. 2010.

YEBOAH, A. *et al.* Genome-wide association study identifies loci, beneficial alleles, and candidate genes for cadmium tolerance in castor (*ricinus communis* l.). **Industrial Crops and Products**, v. 171, p. 113842, 24 jul. 2021.

ZAMBRANO, C. F. L.; CEDEÑO, E. J. M.; MOREIRA, C. D. B. Elaboração de Bioplásticos à base de casca de banana (*Musa paradisiaca*) e amido de milho (*zea mays*): elaboração de bioplásticos à base de casca de banana (*Musa paradisiaca*) e amido de milho (*Zea mays*). **CPAH Science Journal of Health**, v. 6, n. 1, p. 1–18, 18 jul. 2023.