



**PPGAN**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN

Letícia de Oliveira Gonçalves

**Development of flexible and compostable films based on babassu mesocarp and cake for  
active sachets in oily food packaging**

RIO DE JANEIRO

2025

Letícia de Oliveira Gonçalves

Development of flexible and compostable films based on babassu mesocarp and cake for  
active sachets in oily food packaging

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Elizabeth Cavalcante Fai.

Coorientadora: Dra. Patrícia Marques de Farias.

Coorientadora: Prof. Dra. Bianca Chiericato Maniglia.

RIO DE JANEIRO

2025

Letícia de Oliveira Gonçalves

**Development of flexible and compostable films based on babassu mesocarp and cake for active sachets in oily food packaging**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição

Data da aprovação:

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Dra. Ana Elizabeth Cavalcante Fai (UERJ; PPGAN/UNIRIO)

**Presidente e Orientadora**

Profa. Dra. Franciele Pelissari (UFVJM)

**Membro externo ao PPGAN**

Profa. Dra. Delia Rita Tapia Blácido (USP)

**Membro externo ao PPGAN**

RIO DE JANEIRO

2025



## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por sempre me incentivarem, por não medirem esforços para que eu possa me especializar cada vez mais e por participarem tão ativamente do meu projeto, seja cortando moldes, fazendo testes caseiros, pensando em aplicações e muitas outras coisas que sempre fizeram comigo com tão boa vontade. Ao meu irmão que a cada passo do meu projeto vibrava e me incentivava a ir mais longe.

Ao meu noivo e parceiro de vida que desde o início da minha graduação sempre me apoiou, me encorajou e acreditou em mim até quando eu tinha minhas dúvidas. À sua família que sempre torceu por mim.

À minha filhinha de quatro patas, Akira, que participou de reuniões comigo, ouviu minhas apresentações e foi minha companheira desde os meus 9 anos. Para sempre você estará em meu coração.

À minha orientadora, Beth, que viu meu potencial em fazer o mestrado antes que eu pudesse perceber e que trouxe ideias inovadoras com tanto entusiasmo e com muita gentileza sempre. À Pati que me ajudou tão ativamente na bancada e na escrita e me ensinou que eu posso ir além. À Bianca que trouxe várias ideias e sugestões certeiras com seu jeito tão delicado e atencioso.

Às meninas do LAMPS - Camila, Carol, Julia, Roberta e Thalita - que foram essenciais para minha trajetória ser tão leve. Obrigada por me receberem tão bem, por me ensinarem diversas análises (várias vezes a mesma coisa, rs) e pelo dia a dia com tanta risada e história.

Aos parceiros Prof. Ricardo (PPGAN/ UNIRIO), Profa. Lilia (Instituto de Nutrição/UERJ), Raquel e Yan, que contribuíram tanto com o desenvolvimento do meu trabalho.

À Samara pela sua parceria e por se disponibilizar a me ajudar tanto remotamente quanto no laboratório. Ao Willian que me deu uma aula de Excel e me ajudou a gerar dados que eu já tinha aceitado que não ia conseguir, rs. Ao Fabrício que sempre trazia diversão quando eu achava que estava tudo muito complicado.

À CAPES pelo apoio financeiro para execução do projeto.

## RESUMO

O desenvolvimento de opções sustentáveis às embalagens plásticas convencionais e os modos de aproveitar integralmente os recursos biológicos são pautas persistentes e necessárias. Esta dissertação teve como objetivo desenvolver filmes flexíveis, anti-UV e compostáveis à base de farinha de mesocarpo de babaçu (*Attalea speciosa*) submetida a tratamento hidrotérmico, com ou sem sobrenadante de torta de babaçu e alcalinização (pH 12), para aplicação como sachês ativos de alimentos oleosos. Até onde vai nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a explorar a utilização da torta de babaçu, um subproduto da extração do óleo de babaçu, na formulação de blendas poliméricas para aplicação como embalagens de alimentos. Comparado ao filme de mesocarpo em pH nativo, o filme contendo sobrenadante de torta de babaçu melhorou a hidrofobicidade e aumentou a espessura, a estabilidade e resistência térmica. Dentre todas as formulações, quando o sobrenadante de torta de babaçu foi submetido ao tratamento alcalino (BF-BCFS12) apresentou maiores teores de carboidratos, proteínas e lipídeos, melhorando a elongação, estabilidade e resistência térmica, e capacidade de bloqueio UV-vis. Comparado ao filme de mesocarpo com tratamento químico, BF-BCFS12 exibiu maiores: tensão de ruptura, capacidade de bloqueio UV-vis, migração de compostos em meio lipídico, desintegração em água salgada e espectro antimicrobiano contra um número maior de espécies (*P. aeruginosa*, *L. monocytogenes* e *C. jejuni*), com menor concentração inibitória mínima para *L. monocytogenes*. Além disso, apresentou-se como embalagem antioxidante, compostável e estimulante de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*). O filme BF-BCFS12 foi aplicado como sachê de azeite de oliva, óleo de soja e molho pesto artesanal de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) e foi capaz de: manter a qualidade do azeite de oliva e do óleo de soja similar à embalagem original, na presença de luz e de calor (teste acelerado); e de manter a qualidade físico-química e microbiológica do pesto (em refrigeração, 4°C e em temperatura ambiente, 25°C), com elevada aceitação sensorial e intenção de compra. O sachê desenvolvido demonstrou capacidade de selagem, baixa hidroflicidade, alta resistência à tração na ruptura e à punção, além de oferecer uma barreira anti-UV de aproximadamente 98%. Dessa forma, apresenta-se como uma alternativa promissora de sachê compostável de uso único para alimentos, alinhando-se aos princípios da economia circular e aos objetivos da Agenda 2030.

**Palavras-chave:** embalagem de alimentos; sachês; subprodutos; babaçu; compostagem; economia circular.

## ABSTRACT

The development of sustainable options for conventional plastic packaging and ways to fully utilize biological resources is an ongoing and necessary task. This thesis aimed to develop flexible, UV-resistant and compostable films based on babassu mesocarp flour subjected to hydrothermal treatment with or without supernatant of babassu cake (*Attalea speciosa*) and alkalization (pH 12) to be used as active sachets for oily foods. As far as we know, this is the first study to investigate the use of babassu cake, a by-product of babassu oil extraction, for the formulation of a polymer blend for use in food packaging. Compared to the mesocarp film at native pH, the Babassu cake supernatant film improved hydrophobicity and increased thickness, stability and thermal resistance. Of all formulations, the babassu cake supernatant subjected to alkaline treatment (BF-BCFS12) exhibited higher carbohydrate, protein and lipid content and improved elongation, stability and thermal resistance as well as UV-Vis blocking ability. Compared to the chemically treated mesocarp film, BF-BCFS12 showed better results: Tensile strength, UV-Vis blocking capacity, migration of compounds in a fatty medium, disintegration in salt water and antimicrobial spectrum against a larger number of species (*P. aeruginosa*, *L. monocytogenes* and *C. jejuni*), with a lower minimum inhibitory concentration for *L. monocytogenes*. It has also been demonstrated as an antioxidant, compostable and stimulating packaging for bean seeds (*Phaseolus vulgaris*). The BF-BCFS12 film was used as a sachet for olive oil, soybean oil and homemade pesto sauce of ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) and was able to: maintain the quality of the olive oil and soybean oil, similar to the original packaging, in the presence of light and heat (accelerated test); maintain the physicochemical and microbiological quality of the pesto (in refrigeration, 4°C and at room temperature, 25°C), with high sensory acceptance and purchase intention. The developed sachet showed sealability, low hydrophilicity, high tensile and puncture resistance and an anti-UV barrier of about 98%. It is therefore a promising alternative for compostable single-use food sachets, in line with the principles of the circular economy and the goals of the 2030 Agenda.

**Keywords:** food packaging; sachets; by-products; babassu; composting; circular economy.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Objetivo geral .....	10
2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>3. CONCLUSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>14</b>

### **1. INTRODUÇÃO**

As embalagens são importantes protetoras dos alimentos contra danos físicos, químicos e microbiológicos (UGOEZE *et al.*, 2021). O sachê de plástico convencional de uso único tem sido largamente utilizado. Em 2019, a produção global de plásticos foi cerca de 460 milhões de toneladas, no qual 142,6 milhões de toneladas foram referentes ao uso de plásticos



especificamente para embalagens (OUR WORLD IN DATA, 2024). Derivados do petróleo e descartados após uso único, os resíduos plásticos constituem de 60-80% dos resíduos poluentes nos oceanos marinhos e são um dos problemas de poluição mais generalizados do mundo, visto que ~90% dos resíduos plásticos são depositados em aterros (49%), mal geridos (22%) ou incinerados (19%) (UGOEZE *et al.*, 2021; OUR WORLD IN DATA, 2024). Importante notar que, ademais, a degradação do macrolástico resulta na fragmentação em micro e nanoplásticos, que persistem no ambiente. Em outras palavras, o plástico não desaparece, apenas diminui de tamanho, e sua presença em ambientes como ar, água, alimentos e órgãos humanos tem se tornado uma preocupação crescente para a saúde pública (BUGATTI *et al.*, 2023).

O ciclo de vida útil dos plásticos, desde a extração da matéria-prima até a contaminação do ecossistema, explicita a fragilidade e incoerência da economia linear (UGOEZE *et al.*, 2021). Dentro dessa perspectiva, há diversas discussões que se relacionam com uso de embalagens plásticas, como as ações contra a mudança global do clima, vida na água e vida terrestre, sendo estes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável transversais pautado na Agenda 2030 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2025).

O babaçu (*Attalea speciosa*) é uma palmeira da família Arecaceae distribuída em diferentes países da América Latina. O Brasil é o local de maior produção e acessibilidade de babaçu, cujas amêndoas são um dos principais produtos florestais não madeireiros no país. A comercialização do babaçu para extração do óleo, a partir da prensagem da amêndoa, tornou esse fruto uma fonte de renda para muitas comunidades extrativistas do Norte e Nordeste, em especial para as quebradeiras de coco babaçu (FERREIRA, FREITAS & ALMEIDA, 2023).

No Brasil, entre 2010 e 2020 mais de 820 mil toneladas de amêndoa de babaçu foram extraídas, girando mais de R\$1,2 bilhão. Porém, tal como a maioria das grandes produções, estima-se a geração de 12 milhões de toneladas de subprodutos do coco babaçu, dentre eles o epicarpo, mesocarpo, endocarpo e torta os quais são poucos utilizados ou descartados inadequadamente (FERREIRA, FREITAS & ALMEIDA, 2023).

O processamento para a extração de óleo de babaçu torna o mesocarpo um coproduto que normalmente é seco, moído e comercializado como farinha. Composto prioritariamente de amido e quantidade significativa de fibras, as quais podem ser conteúdos residuais do epicarpo e endocarpo (DA SILVA *et al.*, 2023), a farinha de mesocarpo tem sido direcionada ao consumo humano ou adicionada em preparações de alimentos para animais. A farinha de mesocarpo e sua característica amilácea a torna ainda mais interessante, visto que há uma

constante busca por fontes alternativas de amido, principalmente para a área de embalagem de alimentos (RODRIGUES *et al.*, 2020).

A maior quantidade de subproduto gerado a partir da extração direta do óleo é chamada de torta de babaçu. Normalmente, a torta é descartada e, em poucos casos, direcionada a alimentação animal de forma artesanal. Entretanto, sua composição centesimal com presença significativa de proteínas, lipídeos e fibras indica o potencial desse subproduto como agente de reforço de embalagens (FERRARI & SOLER, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2020).

Diante do exposto sobre a problemática de uso de embalagens plásticas petroquímicas, observa-se uma oportunidade em investir cientificamente em uma funcionalidade de valor agregado para o mesocarpo e a torta de babaçu combinadas no desenvolvimento de novas embalagens sustentáveis para alimentos no contexto de biorrefinaria.

Esta dissertação é apresentada em formato de artigos científicos divididos em três capítulos. O primeiro capítulo é composto por um trabalho de revisão acerca do tema de filmes à base de amido com propriedade anti-UV para aplicação como embalagem de alimentos, a saber: (I) “Biobased-starch food packages with UV-blocking performance: a short review” (a ser submetido na revista *Trends in Food Science and Technology*, Elsevier). Os dois capítulos seguintes são compostos por artigos de pesquisa sobre o desenvolvimento, caracterização e aplicação de filmes dos subprodutos agroindustriais do babaçu. São eles: (II) “Innovative starch-based films from babassu coconut by-products: A sustainable alternative for single-use sachet packaging” (submetido na revista *Food and Bioprocess Technology*, Springer); e (III) “Babassu-derived starch sachet for ora-pro-nóbis pesto: antimicrobial, antioxidant, and biodegradation properties of a sustainable package option” (a ser submetido na revista *Food Bioscience*, Elsevier).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Desenvolver filmes flexíveis, anti-UV e compostáveis à base de farinha de mesocarpo de babaçu submetida a tratamento hidrotérmico, com ou sem sobrenadante de torta de babaçu e alcalinização (pH 12), para aplicação como sachês ativos de alimentos oleosos.

## **2.2 Objetivos específicos**

- (a) Caracterizar quimicamente a torta de babaçu integral e peneirada em 100 mesh, e seus sobrenadantes no pH nativo e no pH 12;
- (b) Desenvolver e caracterizar diferentes filmes de mesocarpo, com ou sem sobrenadante de torta de babaçu submetido ou não ao tratamento alcalino, avaliando espessura, propriedades mecânicas e físicas, parâmetros colorimétricos, resistência de selabilidade, morfologia, propriedades térmicas, índice de cristalinidade, perfil químico, molhabilidade por ângulo de contato e transmitância;
- (c) Caracterizar os filmes submetidos ao tratamento químico com relação à migração de compostos, à estabilidade colorimétrica, ao conteúdo de fenólicos e flavonoides totais, às propriedades antioxidante e antibacteriana, bem como capacidade de compostagem e fitotoxicidade;
- (d) Aplicar o filme com melhor performance como sachê de azeite de oliva, óleo de soja e molho pesto artesanal de ora-pro-nóbis.
- (e) Avaliar as propriedades físico-químicas do azeite de oliva e do óleo de soja (em teste acelerado) e as propriedades químicas, sensorial e microbiológica do molho pesto, bem como caracterizar a estabilidade dos sachês com relação à espessura, à força máxima para ruptura, à força de perfuração e aos parâmetros colorimétricos.

## **3. CONCLUSÃO**

A crescente problemática dos plásticos exige a busca por materiais mais sustentáveis, especialmente para aplicações de uso único, como as embalagens de alimentos. O amido, devido às suas características intrínsecas, surge como uma alternativa promissora para filmes poliméricos para este fim. Entre outras questões técnicas, a incorporação de substâncias

bloqueadoras de UV é crucial para melhorar suas propriedades de preservação, especialmente para embalar alimentos oleosos, que são mais suscetíveis à oxidação lipídica. Observou-se que existem poucas publicações investigando as propriedades anti-UV de filmes à base de amido, mesmo aqueles incorporados por subprodutos agroindustriais com esse potencial. Essa análise, é simples e rápida no contexto laboratorial através do uso de um espectrofotômetro UV-VIS, e é importante no desenvolvimento de novos materiais sustentáveis para uso como embalagens de alimentos.

Esta dissertação focou no desenvolvimento de embalagem à base de amido, ativa e anti-UV, a partir dos co- e subprodutos do babaçu (mesocarpo e sobrenadante de torta), com posterior aplicação em alimentos oleosos. A utilização dos co- e subprodutos do babaçu como fonte polimérica (principalmente de amido) e de compostos bioativos - com propriedades também como agentes anti-UV - para novas embalagens está alinhado com os preceitos da economia circular. Essa abordagem contribui para a valorização da biodiversidade brasileira e a redução dos impactos ambientais negativos, e considera os aspectos socioeconômicos e culturais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Diante disso, as principais conclusões nos desenvolvimentos desses filmes foram:

- O filme de mesocarpo e sobrenadante de torta de babaçu, comparado ao filme feito prioritariamente de mesocarpo (controle), mostrou-se mais espesso e com melhor resistência e estabilidade térmica, ao mesmo tempo que reduziu a hidrofobicidade;
- Em comparação ao filme feito prioritariamente de mesocarpo, o filme feito de mesocarpo no pH 12 apresentou menores espessura, transmitância de UV-vis, permeabilidade ao vapor de água na análise de textura de biscoito, índice de cristalinidade e hidrofobicidade, ao passo que potencializou a resistência e estabilidade térmica e a elasticidade;
- O impacto do sobrenadante de torta de babaçu e do tratamento alcalino foi observado comparando o filme controle, com o filme adicionado de sobrenadante de torta de babaçu

no pH 12, que apresentou as mesmas características que o filme feito de mesocarpo no pH 12, com exceção de maior espessura e solubilidade em água;

- Comparando o filme feito de mesocarpo no pH 12 e o filme adicionado de sobrenadante de torta de babaçu no pH 12, este exibiu maiores espessura, resistência à tração, bloqueio UV-vis, resistência e estabilidade térmica, migração de compostos em meio oleoso na faixa UV, desintegração em água salgada, espectro contra um número maior de espécies e capacidade de compostagem e estimulação de sementes de feijão. Ainda, apresentou menor concentração inibitória mínima para *L. monocytogenes* e capacidade antioxidante igual ao filme feito de mesocarpo no pH 12;
- Referente à aplicação do sachê de filme adicionado de sobrenadante de torta de babaçu no pH 12: (i) o azeite de oliva e o óleo de soja embalados no sachê mantiveram sua qualidade tão boa quanto na embalagem original, na presença de luz e de calor (teste acelerado); (ii) o pesto embalado no sachê apresentou-se com excelente aceitação sensorial por provadores não treinados, alta intenção de compra, seguro microbiologicamente e com qualidade conservada, tanto quando armazenado em temperatura ambiente (25°C) quanto refrigerada (4°C); (iii) os sachês exibiram capacidade de selagem e alta resistência à tração na ruptura, com decaimento de valor conforme aumentava o tempo de incidência de luz e de calor; e (iv) os sachês também apresentaram alta resistência à punção, sem diferenciação nos modos de armazenamento.

De modo geral, o sachê de filme adicionado de sobrenadante de torta de babaçu no pH 12 mostrou-se como uma alternativa sustentável para uso como um sachê de uso único, ativo (antioxidante e antimicrobiano), anti-UV e compostável para embalar alimentos oleosos. Como diferencial desse estudo destaca-se a utilização da torta de babaçu, um subproduto abundante e ainda inexplorado na área de embalagens, que devido seu alto teor lipídico contribui para contornar em certa medida uma questão desafiadora na produção de embalagens biobased - a

elevada hidrofiliçidade. Estudos futuros devem avaliar os sachês BF-BCFS12 quanto à vida útil desses materiais frente a diferentes condições de estocagem e dimensionar a viabilidade financeira em escala industrial no contexto de biorrefinaria, além de verificar seu potencial de aplicação em matrizes alimentícias mais hidrofílicas, como frutas, legumes, carnes, entre outros. Além disso, é importante realizar a análise de ciclo de vida (ACV) de embalagens produzidas à base de coproduto e subproduto do babaçu no contexto brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- BUGATTI, C.; ALMEIDA, K. C. de; GUIMARÃES, M. S. de A.; AMÂNCIO, N. de F. G. Microplásticos e Nanoplásticos e sua relevância na saúde humana: uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 1, 2023. <http://doi.org/10.33448/rsdv12i1.39302>.
- DA SILVA, L. R. C. et al. Characterization of Babassu Mesocarp Flour as Potential Bio-Reinforcement for Poly(Lactic Acid). *Journal of Food Industry*, v. 7, n. 1, p. 24, 2023. <http://doi.org/10.5296/jfi.v7i1.21066>
- FERRARI, R. A.; SOLER, M. P. Obtention and characterization of coconut babassu derivatives. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 4, p. 291–296, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0278>
- FERREIRA, P. S.; FREITAS, S. P.; ALMEIDA, E. L. Scientific and technological advancements in the utilisation of by-products from babassu oil extraction: a bibliometric review. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 58, 2023. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16650>
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 11 jan. 2025.
- OUR WORLD IN DATA. *Plastic Pollution*. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 20 nov. 2024.

RODRIGUES et al. Morphological, structural, thermal properties of a native starch obtained from babassu mesocarp for food packaging application. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 6, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.030>

UGOEZE, K. et al. Environmental and public health impacts of plastic wastes due to healthcare and food products packages: A Review. *Journal of Environmental Science and Public Health*, v. 05, n. 01, p. 1–31, 2021. <https://doi.org/10.26502/jesph.96120114>