



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM SAÚDE
GIULIA CALADO POMPERMAIER

**Resíduo Industrial de Andiroba como Fonte de Extrato Fotoprotetor:
Obtenção e Caracterização**

SANTARÉM, PARÁ

2025

GIULIA CALADO POMPERMAIER

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Saúde.

Orientadora: Prof^a. Dra. Rayanne Rocha Pereira

Co-orientador: Prof Msc Lucas Alvarenga da Silva

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

-
- P788r Pompermaier, Giulia Calado
Resíduo Industrial de Andiroba como Fonte de Extrato Fotoprotetor: Obtenção e Caracterização. / Giulia Calado Pompermaier. - Santarém, 2025.
36 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Rayanne Rocha Pereira.
Coorientadora: Lucas Alvarenga da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Saúde Coletiva, Bacharelado em Saúde.
1. Carapa guianensis. 2. Fotoproteção. 3. Resíduos industriais. 4. Polifenóis. 5. Sustentabilidade. I. Pereira, Rayanne Rocha, *orient.* II. Silva, Lucas Alvarenga da, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 583.77

Bibliotecária - Documentalista: Cátia Alvarez – CRB/2 843

SANTARÉM, PARÁ

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA
COORDENAÇÃO ACADÊMICA

Email: coordenacaoacademica.isco@ufopa.edu.br

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos 14 dias de Março de 2025, às 14h horas, foi convocada e formada a banca examinadora composta de três professores e/ou autoridades nesta Universidade, abaixo nominados, para o exame do trabalho escrito, apresentação oral do Trabalho de Conclusão de Curso, elaborado pelo acadêmico **GIULIA CALADO POMPERMAIER**, cujo título é “**Resíduo Industrial de Andiroba como Fonte de Extrato Fotoprotetor: Obtenção e Caracterização**”. Foi concedido o tempo máximo de 20 minutos para o acadêmico fazer a exposição oral do trabalho, atribuindo-se outros 30 minutos para arguições. Após a apresentação foram feitas as arguições ao acadêmico, visando a avaliação e crédito na disciplina. Concluídas as arguições, a banca passou à deliberação sobre a avaliação, considerando os seguintes critérios: Qualidade Técnica do Trabalho; Domínio do Conteúdo; Qualidade na Exposição Oral; Clareza e Coerência dos Objetivos da Pesquisa, Problemática, Métodos e Formas de Intervenção; e Referencial Teórico, Resultados e Bibliografia. Após a deliberação, concluída à presente banca de exame de TCC, trabalho foi considerado:

Aprovado (nota > 6,0).

Reprovado (nota < 6,0).

Professor (a) Avaliadores	Função	Nota (0 a 10)
Bruna Carvalho Castel de Souza	Membro da banca	9,5
Bruno Alexandre de Silva Nicaretta	Membro da banca	9,5
Média das notas dos avaliadores		9,6

A entrega da versão final do TCC, com as devidas alterações apontadas pela Banca Examinadora, deverá ocorrer no prazo de 15 (quinze) dias após defesa.

Assinaturas dos membros da banca

Presidente

Raizanne Rocha Pereira

Membro

Bruna Carvalho Castel de Souza

Membro

Bruno Alexandre de Silva Nicaretta

Santarém, 14 de março de 2025

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio, incentivo e dedicação de diversas pessoas e instituições, às quais expresso minha gratidão.

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, Odavilma e Davide Pompermaier, e meus irmãos, Valentina e Pietro Pompermaier, pelo amor incondicional, apoio e incentivo em cada etapa da minha formação. Sua presença e ensinamentos foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha orientadora, Professora Doutora Rayanne Rocha Pereira, expresso minha mais sincera gratidão, respeito e carinho por toda a ajuda e orientação que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Mestre Lucas Alvarenga da Silva, pelo apoio técnico, pelas contribuições valiosas e pelo compartilhamento do seu conhecimento, que enriqueceram significativamente esta pesquisa.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, pelo suporte institucional e pela oportunidade de desenvolver este trabalho em um ambiente acadêmico de excelência.

Ao Ecocentro da Sociobioeconomia, pela disponibilidade em fornecer os resíduos utilizados nesta pesquisa e por abrir suas portas para visitação, contribuindo para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, colegas de laboratório e ao meu companheiro, Rodrigo Rezende, agradeço pela parceria, pelo auxílio nas atividades experimentais e pela troca de conhecimento ao longo desta jornada. O companheirismo e a colabora o tornaram este percurso mais leve e enriquecedor.

Agradeço também a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realiza o deste estudo, seja por meio de incentivos, apoio moral ou contribui es técnicas. Cada palavra de encorajamento e cada gesto de ajuda foram essenciais para a conclusão desta jornada.

A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

A Amazônia abriga uma biodiversidade única e possui um grande potencial para a utilização sustentável de seus recursos naturais. A andiroba (*Carapa guianensis*), amplamente utilizada na indústria cosmética e farmacêutica, gera uma grande quantidade de resíduos sólidos após a extração do óleo fixo, que frequentemente são descartados sem aproveitamento adequado. O presente estudo avaliou o potencial fotoprotetor do extrato obtido a partir dos resíduos industriais de andiroba, visando promover um aproveitamento sustentável e agregar valor a esse subproduto. Para isso, os extratos foram obtidos por extração com Soxhlet e caracterizados quanto ao teor de fenóis totais, flavonoides e fator de proteção solar (FPS) por espectrofotometria UV-Vis. Os resultados demonstraram que os extratos apresentam um alto potencial fotoprotetor, com FPS de 38,27 para a casca e 49,96 para a torta residual, valores comparáveis aos de protetores solares de média proteção disponíveis comercialmente. Nenhum dos extratos apresentou reação para flavonoides, sugerindo que outros compostos bioativos, como limonoides e ácidos graxos, podem estar contribuindo para a absorção da radiação UV. Além disso, o reaproveitamento desses resíduos pode representar uma alternativa sustentável aos filtros solares sintéticos, reduzindo impactos ambientais e proporcionando um produto acessível à população. Assim, este estudo reforça a importância do aproveitamento de subprodutos agroindustriais para o desenvolvimento de formulações cosméticas ecológicas e inovadoras.

Palavras-chave: *Carapa guianensis*, fotoproteção, resíduos industriais, polifenóis, sustentabilidade.

ABSTRACT

The Amazon hosts unique biodiversity and has great potential for the sustainable use of its natural resources. *Carapa guianensis* (andiroba), widely used in the cosmetic and pharmaceutical industries, generates a large amount of solid waste after the extraction of its fixed oil, which is often discarded without proper utilization. This study evaluated the photoprotective potential of extracts obtained from andiroba industrial waste, aiming to promote sustainable reuse and add value to this byproduct. The extracts were obtained using Soxhlet extraction and characterized for total phenol content, flavonoids, and sun protection factor (SPF) using UV-Vis spectrophotometry. The results demonstrated that the extracts exhibit high photoprotective potential, with SPF values of 38.27 for the bark and 49.96 for the residual cake, comparable to commercially available medium-protection sunscreens. None of the extracts showed a reaction for flavonoids, suggesting that other bioactive compounds, such as limonoids and fatty acids, may contribute to UV radiation absorption. Additionally, repurposing this waste may serve as a sustainable alternative to synthetic sunscreen filters, reducing environmental impacts and providing an accessible product to the population. Thus, this study highlights the importance of utilizing agro-industrial byproducts for the development of eco-friendly and innovative cosmetic formulations.

Keywords: *Carapa guianensis*, photoprotection, industrial waste, polyphenols, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Árvore da Andiroba	14
Figura 2 - Sementes de Andiroba.	14
Figura 3 - Esquema do processo de extração do óleo fixo da Andiroba.	20
Figura 4 - Resíduo das cascas de andiroba.	20
Figura 5 - Resíduo da prensa da andiroba (torta).	21
Figura 6 - Retenção das cascas por tamis.	25
Figura 7 - Retenção da torta por tamis.	25
Figura 8 - Teor de umidade da casca e da torta.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de fenois totais e flavonoides dos extratos.	27
Tabela 2 - Valores médios de FPS dos extratos.	27

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Granulometria_____	22
Equação 2: Cálculo do fator de proteção solar (FPS) segundo Mansur et al. (1986)._____	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Resíduos industriais.....	12
2.2 Andiroba.....	13
2.3 Polifenóis.....	15
2.4 Fotoproteção.....	16
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo Geral.....	18
3.2 Objetivos Específicos.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Material.....	19
4.1.2 Matéria- prima vegetal.....	19
4.1.3 Reagentes.....	21
4.2 Métodos.....	22
4.2.1 Preparo da Amostra.....	22
4.2.2 Análise Granulométrica.....	22
4.2.3 Determinação da Umidade.....	22
4.2.4 Obtenção dos Extratos.....	22
4.2.5 Determinação de Fenóis Totais.....	23
4.2.6 Determinação de Flavonoides.....	23
4.2.7 Determinação do FPS por Espectrofotometria UV-Vis.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 Caracterização da Droga Vegetal.....	24
5.2 Caracterização físico- química da droga vegetal.....	24
5.3 Determinação de Fenóis Totais e Flavonoides.....	26
5.4 Determinação do FPS.....	27
5.5 Discussão.....	27
6. CONCLUSÃO.....	29
7. REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma das regiões mais ricas em biodiversidade do planeta, desempenhando um papel essencial na economia e cultura do Brasil. Entre seus inúmeros recursos naturais, destaca-se a andiroba (*Carapa guianensis*), cujas sementes são amplamente exploradas pela indústria farmacêutica e cosmética, principalmente para a extração do óleo fixo – seu principal derivado (BRASIL, 2021). No entanto, esse processo gera dois resíduos sólidos que, na maioria das vezes, não recebem um destino adequado. Se esses resíduos forem gerenciados de forma inadequada podem gerar problemas para o meio ambiente e à saúde humana. Existe uma diversidade de modos para aproveitamento dos resíduos de andiroba, e também de outras espécies vegetais, pode-se citar o seu uso como adubo, seu aproveitamento como insumos de cosméticos e nutracêuticos, entre outros (HERNANDEZ et al., 2024)

Os resíduos agroindustriais vem sendo estudados por conter bioativos em quantidade suficiente para lhe conferir atividade biológica (FERREIRA et al., 2021, FERREIRA et al., 2022). Compostos bioativos são moléculas produzidas no metabolismo de vegetais, são encontradas, em frutas, grãos e nozes. Essas moléculas apresentam propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anticarcinogênicas e anti-inflamatórias (GARCIA- MACHEDA et al., 2023). Polifenóis são exemplos desses bioativos, as moléculas de polifenóis são constituídas por pelo menos um anel aromático e pelo menos um grupo hidroxila em sua estrutura. Os polifenóis solúveis participam do sistema de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta e ataque de patógenos, parasitas e predadores (AKOUAN ANTA et al., 2018, NUNES et al., 2018).

Entre as funções dos polifenóis nas plantas, proteger os vegetais contra danos oxidativos ocasionados pela radiação solar os torna potenciais insumos para formulação de protetores solar (CLOSE E MCARTHUR, 2002). Os protetores solares possuem em sua formulação protetores UV químicos e físicos que garantem sua eficácia. O composto orgânico octilmetoxicinamato (OMC) é o filtro UVB mais amplamente utilizado, no entanto, pode atuar como um fotossensibilizador ou alérgeno. Os polifenóis, junto a ação fotoprotetora, têm também ação antiinflamatória (NUNES et al., 2018, CLOSE E MCARTHUR, 2002)

Compatibilizar as metas de preservação e conservação do bioma amazônico com os objetivos mais amplos de crescimento econômico e inclusão social do país tem representado, nas últimas décadas, um enorme desafio para as políticas de desenvolvimento para a Amazônia (FERNANDES et al., 2022). Diante desse contexto, o presente trabalho busca avaliar o potencial de proteção solar do extrato obtido a partir dos resíduos da Andiroba, promovendo uma abordagem sustentável que agrega valor a subprodutos descartados. Dessa forma, este trabalho não

apenas propõe um aproveitamento sustentável de um subproduto amazônico, mas também pode contribuir para o desenvolvimento de uma alternativa acessível à fotoproteção, alinhando-se às demandas de sustentabilidade e saúde pública.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos industriais

Os resíduos industriais são subprodutos inevitáveis de processos industriais. Esses resíduos podem ser classificados como sólidos, líquidos ou gasosos e, dependendo de sua composição, podem representar riscos ambientais se não forem corretamente gerenciados. No entanto, nem todo material resultante da produção industrial deve ser considerado um resíduo sem valor; alguns podem ser reaproveitados como coprodutos, com potencial de reutilização em outras cadeias produtivas, reduzindo desperdícios e impactos ambientais.

No caso da extração de óleos vegetais, como o de andiroba (*Carapa guianensis Aubl.*), a maior parte da matéria-prima utilizada acaba se tornando resíduo. Aproximadamente 66% do volume total das sementes de andiroba se torna resíduo após a extração do óleo por prensa mecânica (MENDONÇA, 2015). Esse resíduo, rico em biomassa, é frequentemente descartado sem um aproveitamento adequado, apesar de seu potencial para diversas aplicações.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), a andiroba possui diversos compostos bioativos e é amplamente utilizada em produtos medicinais e cosméticos. No entanto, após a prensagem das sementes para extração do óleo, sobra um resíduo rico em biomassa, frequentemente descartado sem aproveitamento adequado. Esse desperdício está inserido na problemática mais ampla da cultura do desperdício, como destacado por Oliveira e Brunhara (2014), que discute a falta de estratégias eficientes para o reaproveitamento de resíduos no Brasil.

Além disso, o descarte inadequado dos resíduos industriais pode gerar impactos ambientais negativos, como contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos. De acordo com a UNIVASF (2020), a distinção entre resíduos orgânicos e inorgânicos é fundamental para a correta destinação dos materiais descartados. No caso dos resíduos da andiroba, por serem de origem vegetal, possuem potencial de reutilização, seja para a produção de biocombustíveis, adubos orgânicos ou insumos para a indústria de cosméticos e farmacêutica.

O reaproveitamento de resíduos industriais não apenas reduz impactos ambientais, mas também pode trazer benefícios econômicos e sociais. Estudos como o de Infante et al. (2013) demonstram que resíduos industriais de frutas tropicais possuem atividade antioxidante significativa, o que sugere um potencial similar para os resíduos da andiroba. A aplicação e valorização desses subprodutos pode impulsionar cadeias produtivas sustentáveis, beneficiando comunidades extrativistas.

Portanto, a pesquisa de soluções sustentáveis para o aproveitamento dos resíduos industriais da extração do óleo de andiroba é essencial para minimizar impactos ambientais e fomentar o desenvolvimento de novas aplicações para esses subprodutos.

2.2 Andiroba

A andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl.) é uma árvore de grande porte pertencente à família Meliaceae, nativa da região Amazônica e distribuída em outras áreas tropicais da América Latina. Pode atingir até 40 metros de altura e apresentar um diâmetro à altura do peito (DAP) de até 65 cm. Seu tronco é reto, com casca de coloração acinzentada a marrom, que exsuda um látex amargo quando ferida. As folhas são compostas, alternadas, com folíolos de margem inteira e ápice acuminado. As flores são pequenas, de coloração esbranquiçada a amarelada, reunidas em inflorescências do tipo panícula. Os frutos são cápsulas lenhosas, globosas ou ligeiramente achatadas, contendo de 4 a 16 sementes angulosas e oleaginosas (KLIMAS, 2006).

A andiroba é amplamente utilizada na medicina tradicional das populações amazônicas. O óleo extraído de suas sementes é empregado como anti-inflamatório, cicatrizante e no tratamento de afecções cutâneas, como picadas de insetos e infecções de pele (BRASIL, 2021). Além disso, é utilizado como repelente natural de insetos e no alívio de dores reumáticas. Decoctos da casca e das folhas são utilizados no tratamento de febres, parasitoses intestinais e como tônicos gerais (MENDONÇA; FERRAZ, 2007).

O óleo de andiroba possui ampla aplicação na indústria cosmética, sendo incorporado em produtos como sabonetes, cremes e loções devido às suas propriedades emolientes e anti-inflamatórias. Na indústria farmacêutica, é utilizado em formulações fitoterápicas destinadas ao tratamento de processos inflamatórios e como cicatrizante (FONSECA et al., 2024). No setor capilar, é empregado em xampus e condicionadores devido ao seu potencial de hidratação e fortalecimento dos fios. Além disso, a madeira da andirobeira é valorizada na construção civil e na fabricação de móveis, devido à sua durabilidade e resistência a insetos (FIRMINO et al., 2019).

Diversos estudos científicos têm validado as propriedades atribuídas à andiroba na medicina tradicional. Sua atividade anti-inflamatória está relacionada à inibição de mediadores inflamatórios, como prostaglandinas e citocinas pró-inflamatórias, contribuindo para a redução de processos inflamatórios (HENRIQUES; PENIDO, 2014). O efeito cicatrizante da andiroba é relacionado à presença de compostos bioativos que favorecem a regeneração tecidual e aceleram o processo de cicatrização de feridas (DIAS et al., 2023).

A atividade antioxidante é dada pela presença de limonoides e terpenoides, compostos que neutralizam radicais livres e protegem as células contra danos oxidativos (MARQUES; MARTINS; RAMOS, 2016). Além disso, o óleo de andiroba é amplamente reconhecido por sua ação repelente e inseticida, sendo eficaz contra mosquitos vetores de doenças, como *Aedes aegypti*, e apresentando atividade larvicida e inibidora do crescimento de pragas agrícolas (ARAUJO; SOUZA, 2008). Estudos também demonstraram suas propriedades antialérgicas e analgésicas, tornando-a um potencial ingrediente para formulações destinadas ao tratamento de alergias e dores musculares (PENIDO et al., 2005).

As mudanças climáticas também têm afetado a produção da andiroba. Estudos como o de Martorano (2025) indicam que o crescimento e desenvolvimento da espécie são impactados pelo déficit hídrico e pelas alterações no regime de chuvas. A disponibilidade de água é um fator essencial para a expressão do potencial da andiroba, e condições de alta umidade relativa podem prejudicar seu crescimento. Outrossim, projeções futuras indicam reduções significativas na produtividade de produtos florestais não madeireiros, como a andiroba, devido ao aumento da temperatura e à diminuição da adequação ambiental da espécie, que podem variar de 4% a 70% até 2050, afetando populações naturais e a sustentabilidade econômica da exploração da andiroba na região amazônica. (Evangelista-Vale et al., 2021; Igawa et al., 2022)

A andiroba se destaca como um recurso natural de grande valor econômico e farmacológico, sendo objeto de pesquisas que buscam expandir suas aplicações industriais e terapêuticas. Sua caracterização química e estudo de propriedades biológicas reforçam seu potencial para desenvolvimento de produtos cosméticos, fitoterápicos e inseticidas sustentáveis, alinhados às demandas por bioprodutos ecologicamente viáveis (DIAS et al., 2023).

Figura 1 - Árvore da Andiroba

Fonte: Reprodução/ Centro de Inteligência em Florestas. Disponível em: <https://portalamazonia.com/amazonia-de-a-a-z/a/arvore-da-andiroba/>

Figura 2 - Sementes de Andiroba.

Fonte: Ronaldo Rosa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/897001/semente-de-andiroba>



2.3 Polifenóis

A pele é o maior órgão do corpo humano e desde o nascimento está em constante contato com o mundo, sofrendo a ação de diversos fatores, especialmente a radiação ultravioleta (UV). Os sinais de envelhecimento, tanto por fatores intrínsecos quanto extrínsecos, são percebidos principalmente na pele, como por exemplo a formação de rugas, perda de elasticidade e hiperpigmentação. O envelhecimento também está ligado a uma série de doenças degenerativas e processos celulares que comprometem a integridade estrutural da pele (WANG et al., 2022). Entre os principais fatores que aceleram esse processo está o estresse oxidativo, desencadeado pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS). Essas moléculas promovem danos a lipídios, proteínas e DNA, resultando na degradação do colágeno e elastina, componentes essenciais para a firmeza e elasticidade da pele (DIAS et al., 2023). Assim, estratégias para combater o estresse oxidativo e seus efeitos prejudiciais na pele têm sido amplamente estudadas, com destaque para os polifenóis como agentes antioxidantes.

Os polifenóis são uma classe de metabólitos secundários encontrados em plantas, amplamente reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e protetoras contra os danos induzidos pela radiação UV. Esses compostos atuam neutralizando espécies reativas de oxigênio, reduzindo a inflamação e modulando vias celulares envolvidas no envelhecimento cutâneo (HENRIQUES; PENIDO, 2014). Estudos indicam que, além de seu efeito antioxidante direto, os polifenóis também estimulam a expressão de enzimas endógenas de defesa celular, que ajudam a mitigar os danos oxidativos à pele (WANG et al., 2022). Os polifenóis são classificados em diferentes subgrupos, incluindo flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas. Esses bioativos estão amplamente distribuídos em alimentos e plantas medicinais, sendo encontrados em frutas vermelhas, chá-verde, cacau e sementes oleaginosas (BERTELLI et al., 2021; RANA et al., 2022).

No contexto amazônico, a andiroba (*Carapa guianensis*) se destaca como uma rica fonte de compostos fenólicos, que conferem propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e regeneradoras da pele (LUZ et al., 2019). Estudos

indicam que os extratos da andiroba possuem capacidade de modular o estresse oxidativo e inibir a degradação da matriz extracelular (FONSECA et al., 2024), sugerindo a presença de polifenóis.

A fotoproteção conferida pelos polifenóis ocorre por diferentes mecanismos, incluindo a absorção da radiação UV, a modulação da inflamação induzida por UVB e a inibição de enzimas degradadoras da matriz extracelular (WANG et al., 2022). Além disso, esses compostos podem estimular a autofagia celular, um processo essencial para a remoção de organelas danificadas e a manutenção da homeostase cutânea. Estudos demonstram que a handelina, um polifenol presente no crisântemo selvagem, é capaz de aumentar a atividade autofágica em células expostas à radiação UVA, favorecendo a eliminação de substâncias nocivas e prevenindo o fotoenvelhecimento (SILVA et al., 2023). Assim, o uso de extratos vegetais ricos em polifenóis tem sido explorado como uma abordagem promissora para o desenvolvimento de cosméticos e fotoprotetores naturais.

Devido a essas propriedades, os polifenóis da andiroba vêm sendo explorados no desenvolvimento de formulações cosméticas e dermofarmacêuticas, especialmente para produtos com ação fotoprotetora e antienvelhecimento (DIAS et al., 2023).

2.4 Fotoproteção

A luz solar desempenha um papel fundamental na manutenção da vida na Terra, sendo essencial para processos biológicos como a fotossíntese e a síntese de vitamina D. No entanto, a exposição excessiva à radiação ultravioleta representa um fator de risco significativo para a saúde da pele, desencadeando processos oxidativos que favorecem o envelhecimento cutâneo e o desenvolvimento de doenças dermatológicas (WANG et al., 2022). A radiação solar que atinge a superfície terrestre é composta por diferentes espectros, sendo a radiação UV a principal responsável pelos danos cutâneos. Esta é subdividida em três faixas de comprimento de onda: UVC (100-280 nm), UVB (280-315 nm) e UVA (315-400 nm). A radiação UVC é majoritariamente absorvida pela camada de ozônio, enquanto a UVB e a UVA atingem a superfície da Terra e são os principais agentes nocivos à pele humana (ARAUJO; SOUZA, 2008).

A radiação UVB é altamente energética e penetra nas camadas mais superficiais da pele, causando danos diretos ao DNA celular e induzindo processos inflamatórios que podem resultar em queimaduras solares e mutações genéticas associadas ao câncer de pele. Por outro lado, a radiação UVA, de maior comprimento de onda, penetra profundamente na derme, degradando fibras de colágeno e elastina, o que compromete a firmeza e a elasticidade da pele (WANG et al., 2019). Além disso, tanto a radiação UVA quanto a UVB estimulam a produção

de espécies reativas de oxigênio (ROS), moléculas instáveis que oxidam lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, acelerando o processo de fotoenvelhecimento e aumentando o risco de desenvolvimento de doenças cutâneas (WANG et al., 2022).

Diante dos efeitos prejudiciais da exposição à radiação solar, diversas estratégias de fotoproteção têm sido desenvolvidas para minimizar seus impactos. Entre elas, destaca-se o uso de protetores solares, que contêm filtros físicos e químicos capazes de absorver, refletir ou dispersar a radiação UV. Os filtros físicos, como óxido de zinco e dióxido de titânio, atuam refletindo a luz solar, enquanto os filtros químicos, como benzofenonas e avobenzonas, absorvem a radiação UV e converte sua energia em calor, reduzindo os danos cutâneos. Além do uso de protetores solares, medidas físicas de fotoproteção, como o uso de roupas apropriadas, chapéus de aba larga e óculos com proteção UV, são essenciais para reduzir a exposição direta à radiação solar e seus efeitos nocivos.

Nos últimos anos, a busca por alternativas naturais e sustentáveis para a fotoproteção tem sido um campo promissor de pesquisa. Estudos apontam que extratos vegetais ricos em compostos bioativos, como flavonoides e terpenoides, apresentam propriedades antioxidantes e fotoprotetoras, sendo capazes de neutralizar radicais livres e modular a resposta celular ao estresse oxidativo (HENRIQUES; PENIDO, 2014). Nesse contexto, investigações sobre o potencial fotoprotetor de subprodutos da indústria cosmética e farmacêutica, como o resíduo industrial de andiroba, são fundamentais para o desenvolvimento de formulações eficazes e ambientalmente sustentáveis (DIAS et al., 2023). A andiroba (*Carapa guianensis*) é uma espécie amazônica rica em limonoides e ácidos graxos com propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, podendo contribuir para a proteção cutânea contra os danos induzidos pela radiação UV (LUZ et al., 2019).

A caracterização química e a avaliação da atividade fotoprotetora desses resíduos podem viabilizar seu aproveitamento em formulações cosméticas, agregando valor a um subproduto industrial e promovendo benefícios ambientais e dermatológicos (YAMAGUCHI, 2015). Dessa forma, a pesquisa sobre a aplicação do resíduo industrial de andiroba na fotoproteção representa uma abordagem inovadora e sustentável, alinhada às tendências globais de valorização de ingredientes naturais na cosmetologia (COSMEFAR, 2024).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial fotoprotetor dos extratos obtidos a partir dos resíduos industriais de andiroba (*Carapa guianensis*), promovendo o reaproveitamento sustentável desse subproduto.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar caracterização físico-química dos resíduos industriais de extração do óleo de andiroba: casca e torta.
- Obter extratos dos resíduos por meio do método de extração Soxhlet.
- Avaliar o fator de proteção solar (FPS) dos extratos.
- Avaliar a viabilidade do emprego dos extratos obtidos como ingredientes ativos em formulações fotoprotetoras.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.2 Matéria- prima vegetal

As amostras utilizadas são os resíduos obtidos na extração do óleo de andiroba. O processo de extração do óleo de andiroba, descrito na Figura 3, inicia-se com a secagem das sementes em um secador rotativo, etapa na qual ocorre a separação das cascas. O óleo é obtido na prensagem, etapa que gera o resíduo da torta.

As amostras de resíduos de andiroba foram obtidas no Ecocentro da Sociobioeconomia, localizado na Avenida Cuiabá, bairro Esperança, em Santarém, Pará. Todo o processo começa com a coleta das sementes de andiroba, após a coleta e seleção das sementes, estas passam por um período de secagem controlada para reduzir a umidade, etapa essencial para facilitar a extração e preservar os compostos bioativos do óleo. Nas comunidades, as sementes costumam secar ao sol em uma estrutura suspensa e coberta. O mesmo procedimento é adotado no Ecocentro quando o secador rotativo está carregado no momento da chegada das sementes. O secador rotativo leva cerca de 5 a 8 dias para alcançar o estágio desejado, enquanto a estufa ao sol demanda de 25 a 30 dias. Após secagem e trituração, as sementes passam por um secador e seguem para a prensa, passando ainda por uma série de peneiras e filtros.

Posteriormente, as sementes secas são trituradas e direcionadas a uma prensa mecânica de alta pressão, onde são submetidas a um processo de compressão intensa que permite a extração do óleo sem o uso de solventes químicos. O óleo obtido passa por uma fase de decantação natural e filtragem, garantindo a remoção de impurezas antes do armazenamento. Durante a extração mecânica, são gerados dois subprodutos principais: a casca, resultante da separação inicial das sementes, e a torta residual, composta pelos fragmentos sólidos remanescentes após a prensagem. Esses dois subprodutos são o interesse de estudo desta pesquisa.

Figura 3 - Esquema do processo de extração do óleo fixo da Andiroba.

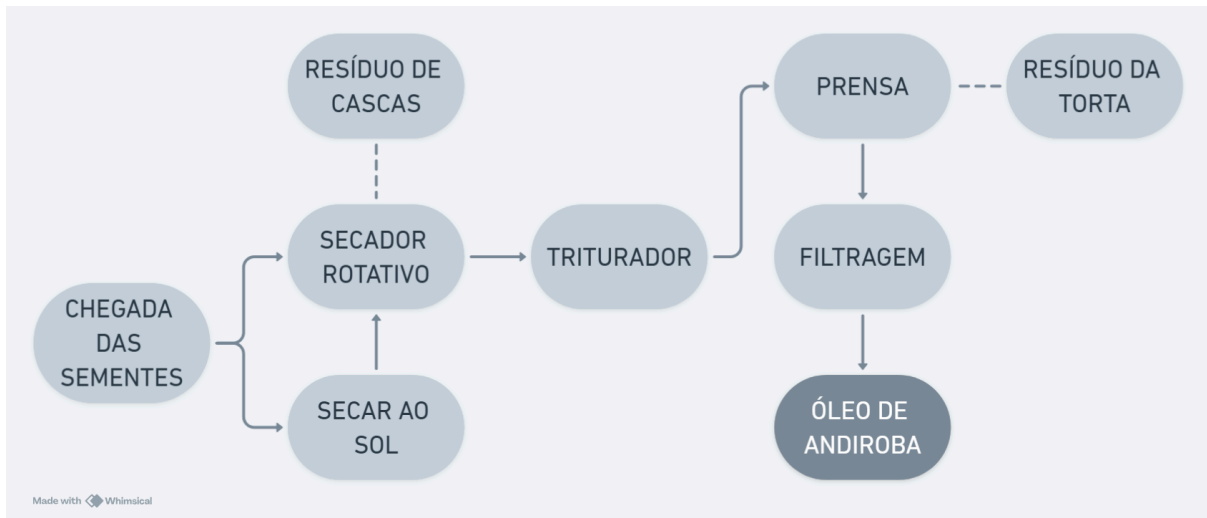


Figura 4 - Resíduo das cascas de andiroba.



Figura 5 - Resíduo da prensa da andiroba (torta).



4.1.3 Reagentes

Ácido gálico, rutina, persulfato de potássio, reagente de Folin-Ciocalteu, carbonato de sódio (Na_2CO_3) e cloreto de alumínio foram adquiridos da LabSynth (São Paulo, Brasil).

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo da Amostra

Após a coleta, os resíduos foram armazenados em refrigerador doméstico a 8°C. Posteriormente, foram triturados em um moinho de facas (Fortinox, Willeye Star FT 50/6, Piracicaba - SP, Brasil) para homogeneização do material.

4.2.2 Análise Granulométrica

A granulometria foi analisada utilizando um agitador de peneiras (LUCA-04/01, Lucadema, São Paulo, Brasil). Foram realizadas três repetições para cada tipo de resíduo, utilizando amostras de 25 g. As peneiras foram classificadas em 2000 µm, 1410 µm, 425 µm e 250 µm, e o equipamento operou na velocidade 4 por 15 minutos. Os resíduos retidos em cada peneira foram pesados e registrados, seguindo os parâmetros descritos na Farmacopéia Brasileira (2019). O resultado da granulometria foi obtido utilizando a Equação 1.

Equação 1: Granulometria

$$R\% = \left(\frac{mr}{mt}\right) \times 100$$

Onde:

R% = Percentual de retenção na peneira;

mr = Massa do material retido na peneira (g);

mt = Massa total da amostra analisada (g).

4.2.3 Determinação da Umidade

A umidade foi determinada utilizando um analisador de umidade (Analisador de Umidade por Infravermelho Halógeno IV3100, São Paulo, Brasil). Os ensaios utilizaram 5 g de cada resíduo, analisados no modo padrão do equipamento. A análise teve duração de 10 minutos, sendo os resultados registrados automaticamente. O método foi realizado em triplicata e seguiu as diretrizes estabelecidas pela Farmacopéia Brasileira (2019).

4.2.4 Obtenção dos Extratos

A extração foi realizada em aparelho de Soxhlet. Foram utilizados 60 g de cada resíduo previamente triturado, acondicionado em cartucho de celulose. O

solvente empregado foi etanol 96° GL (300 mL). O sistema foi aquecido com manta térmica, e o resfriador foi mantido a 10°C para garantir a eficiência da condensação. O processo foi conduzido por 8 horas, em triplicata e em seguida rotovaporizado a 80 RPM, 50 °C.

4.2.5 Determinação de Fenois Totais

Os fenois totais foram quantificados utilizando um método espectrofotométrico, em triplicata. A amostra foi diluída com etanol 96° GL e água destilada e reagiu com reagente de Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio, sendo a absorvância medida em 740 nm. O intervalo da curva foi ($R^2 = 0.9845$)

4.2.6 Determinação de Flavonoides

Os flavonoides foram analisados por método espectrofotométrico, em triplicata. A amostra foi diluída com etanol 96° GL e água destilada, em seguida acrescentado cloreto de alumínio, no entanto não houve reação.

4.2.7 Determinação do FPS por Espectrofotometria UV-Vis

As amostras foram diluídas em etanol 96° GL (200 µg/mL) e protegidas da luz. Foi realizada uma varredura no comprimento de onda de 290 e 320 nm, a cada 5 nm, utilizando um espectrofotômetro UV-Vis (IL-592-LC Kasuaki, São Paulo, Brasil). Os valores de absorvância obtidos foram aplicados na equação de Mansur et al. (1986) para o cálculo do fator de proteção solar (FPS), considerando a RDC nº 30/2012 da Anvisa.

Equação 2: Cálculo do fator de proteção solar (FPS) segundo Mansur et al. (1986).

$$FPS = CF \times \sum A_{\lambda} \times E_{\lambda} \times I_{\lambda}$$

Onde:

CF = 10 (fator de correção determinado experimentalmente);

A λ = Absorvância da amostra na faixa de comprimento de onda entre 290-320 nm;

E λ = Coeficiente de eficiência eritemal relativo em cada comprimento de onda (fornecido pela Anvisa e baseado nos padrões da radiação UV);

I λ = Intensidade da radiação solar em cada comprimento de onda.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Droga Vegetal

O resíduo das cascas é se apresenta em fragmentos sólidos irregulares, com coloração predominantemente marrom-escura, podendo variar levemente em tons intermediários devido ao processo térmico empregado. Esses fragmentos apresentam diferentes tamanhos e espessuras, com partículas maiores, rígidas e mais espessas coexistindo com outras menores e finas, de aspecto fibroso e delicado. Sua superfície é áspera ao tato, uma característica típica de resíduos vegetais submetidos a processos térmicos de desidratação, sem a presença aparente de impurezas ou contaminantes físicos. Já o resíduo da torta, gerado após a extração do óleo por prensa mecânica, apresenta-se em fragmentos laminares e irregulares de tamanhos variados, com partículas que vão desde pedaços maiores e espessos até outros menores e mais finos. Esse resíduo é predominantemente marrom escuro, podendo exibir tonalidades mais claras ou avermelhadas em determinadas áreas. Possui uma superfície áspera e discretamente porosa, com textura friável e quebradiça, características que indicam baixa umidade e alto grau de compactação prévia. Ambos os resíduos possuem aroma característico, com notas amadeiradas e terrosas, sugestivas da presença de compostos lignocelulósicos e bioativos.

5.2 Caracterização físico- química da droga vegetal

A análise granulométrica classificou o resíduo da casca da andiroba como pó grosso, pois passou totalmente pela peneira de 2000 μm e teve retenção superior a 40% na de 425 μm . A torta foi classificada como moderadamente grossa, passando totalmente pela peneira de 710 μm , com menos de 40% passando pela de 250 μm .

A retenção das amostras em triplicata em cada um dos tamises utilizado está descrita nos Figura 6 e 7.

Figura 6 - Retenção das cascas por tamis.

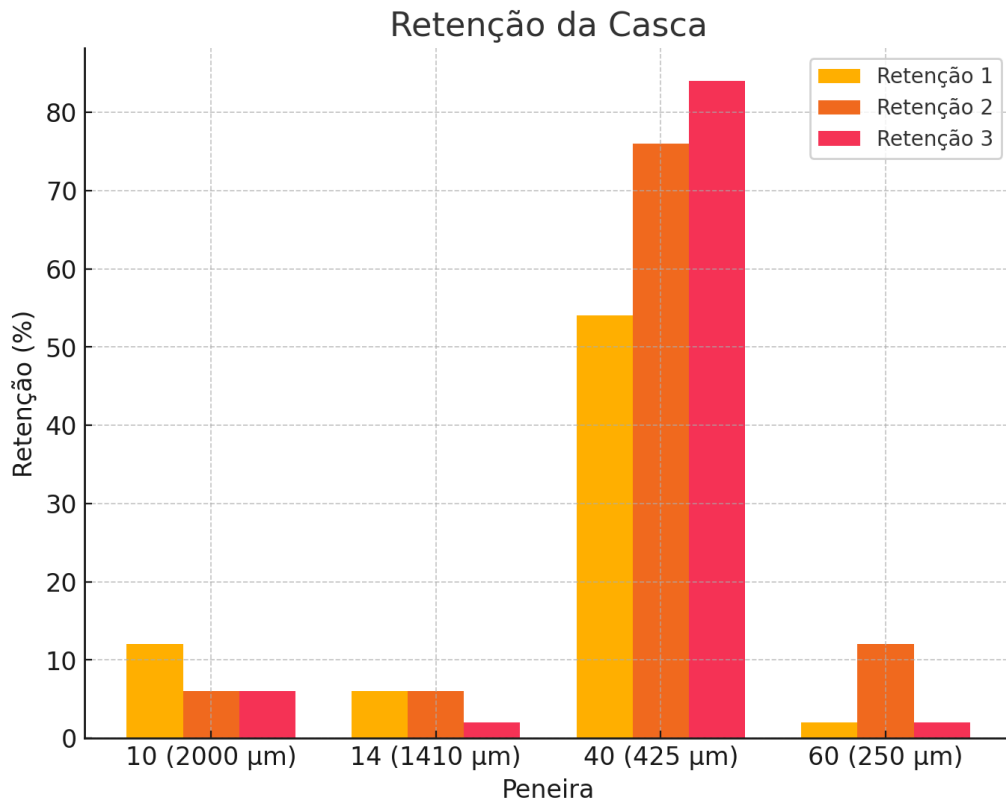
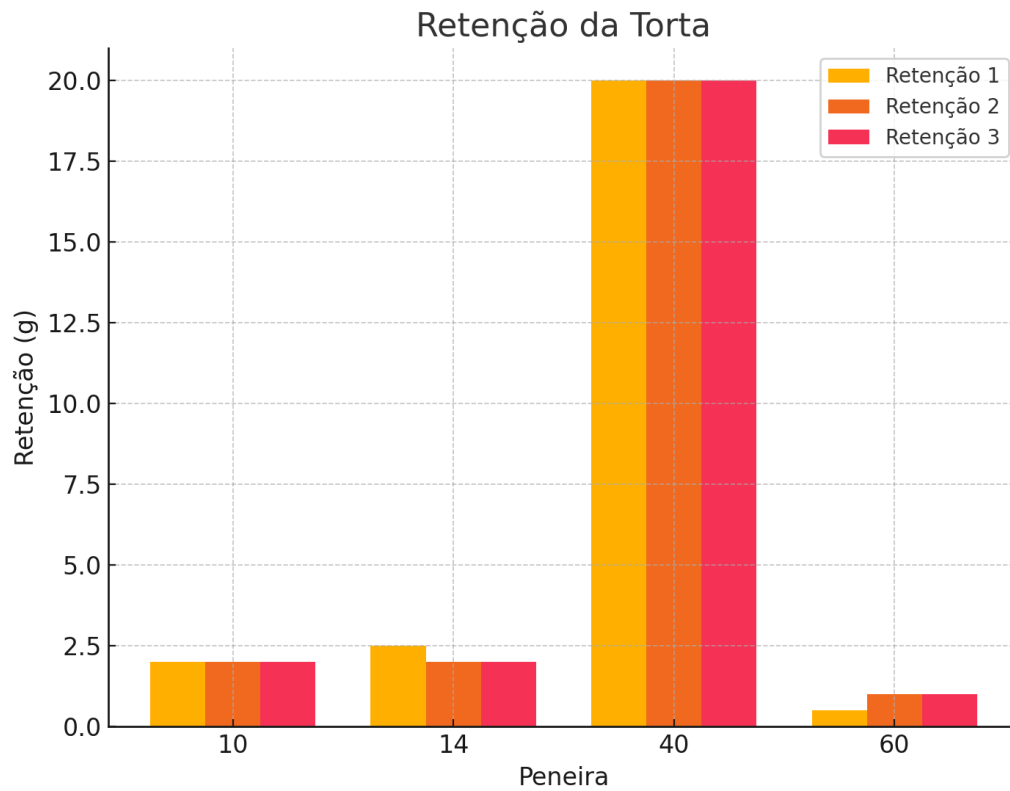
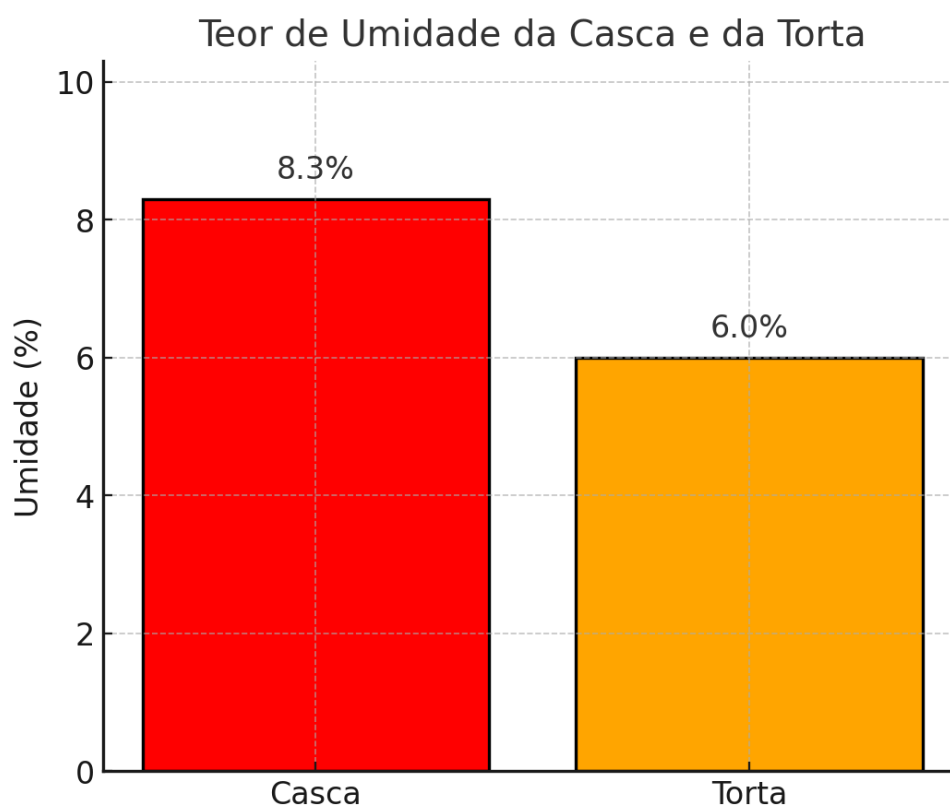


Figura 7 - Retenção da torta por tamis.



Os valores médios de umidade obtidos estão descritos na Figura 8.

Figura 8 - Teor de umidade da casca e da torta.



Esses valores indicam uma umidade relativamente baixa, favorecendo a estabilidade do material para armazenamento e processamento posterior.

5.3 Determinação de Fenóis Totais e Flavonoides

Após a reação com Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio e leitura no espectrofotômetro UV-Vis, os resultados indicaram que os extratos da casca possuem maior quantidade de fenóis totais do que os da torta, sugerindo um potencial antioxidante superior. A alta concentração de fenóis pode indicar uma forte ação fotoprotetora, já que esses compostos são conhecidos por absorver radiação UV e combater danos oxidativos.

A curva de calibração apresentou um excelente ajuste ($R^2 = 0.9845$), garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos. No entanto, a partir de 5,5 mg/mL, os valores ficaram fora da faixa de leitura do espectrofotômetro, indicando que a concentração de compostos fenólicos era muito alta, exigindo diluição para medições futuras.

Os ensaios realizados não demonstraram mudanças perceptíveis na coloração ou na absorbância da solução, confirmando um resultado não-reagente. A ausência de flavonoides nos extratos pode estar relacionada às condições do

processo de extração, visto que a polaridade do solvente influencia a solubilização dos compostos bioativos (PÉREZ et al., 2023).

Os valores médios de fenois totais e flavonoides obtidos para os extratos e desvio padrão estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de fenois totais e flavonoides dos extratos.

Amostra	Fenois Totais (mg GAE/100 g)	Flavonoides Totais (mg Rut/100 g)
Casca	2725.52 ± 19.84	-
Torta	1640.92 ± 21.50	-

Os experimentos foram realizados em triplicata e os dados são apresentados como média ± desvio padrão (DP). GAE = equivalente de ácido gálico, RUT = equivalente de quercetina.

5.4 Determinação do FPS

Os resultados demonstram que os extratos obtidos a partir dos resíduos industriais de andiroba possuem alto potencial fotoprotetor, com a torta apresentando FPS superior à casca. Esse alto valor de FPS sugere uma possível aplicação dos extratos como ingredientes ativos em formulações fotoprotetoras.

Os valores médios de FPS obtidos para os extratos e desvio padrão estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de FPS dos extratos.

Amostra	FPS Médio
Casca	38.27 ± 0.10
Torta	49.96 ± 0.84

5.5 Discussão

O presente estudo apresentou resultados elevados do fator de proteção solar nos extratos obtidos a partir dos resíduos industriais de andiroba, com valores

superiores a 38 para a casca e 49 para a torta residual. Esses valores são comparáveis ou até superiores aos protetores solares de média proteção disponíveis comercialmente. Os estudos de Santos et al., (2021), apresentam resultados que concordam com este trabalho, indicando uma forte atividade anti-inflamatória e antioxidante, reduzindo os danos causados pelo estresse oxidativo.

A casca apresentou maior concentração de fenois totais, enquanto a torta demonstrou um FPS mais elevado. Nenhum dos dois extratos apresentou reação para flavonoides, descartando essa classe de compostos como responsáveis pelo efeito. No entanto, essa diferença pode estar associada à presença de outros compostos bioativos na torta, como limonoides e terpenoides, que possuem atividade fotoprotetora e podem influenciar a absorção da radiação UV, atuando de maneira semelhante a filtros UV sintéticos, absorvendo comprimentos de onda específicos da radiação solar (CASTRO et al., 2022).

A torta de andiroba, por ser resultado da prensa, pode conter traços do óleo fixo de andiroba, portanto pode também conter frações residuais de ácidos graxos bioativos, como ácido oleico, linoleico e palmítico (SILVA et al., 2022, SILVA et al. 2018), que são conhecidos por sua ação antioxidante e protetora contra estresse oxidativo e ainda por desempenhar um papel estabilizador na estrutura da pele, ajudando a reduzir a penetração da radiação UV e prevenindo a degradação celular. Além disso, durante o processo de extração e secagem, pode ocorrer a oxidação de compostos fenólicos e lipídicos, levando à formação de pigmentos naturais que absorvem radiação UV. Esses pigmentos, embora não caracterizados até este tempo especificamente na torta de andiroba, poderiam estar aumentando a capacidade fotoprotetora do extrato.

De modo geral, devido ao alto potencial fotoprotetor, os extratos a partir dos resíduos industriais de andiroba se apresentam como uma alternativa promissora aos filtros solares sintéticos. Assim, a utilização desses extratos não apenas agrega valor a um resíduo agroindustrial, mas também pode auxiliar na redução do impacto ambiental associado ao uso de filtros sintéticos.

A redução da pegada ecológica também deve ser levada em consideração. O uso de filtros solares químicos sintéticos tem sido alvo de críticas ambientais, pois compostos como benzofenonas e octocrileno podem causar danos aos ecossistemas marinhos, especialmente aos corais. A substituição parcial ou total desses ingredientes por extratos vegetais de alta eficácia, como os da andiroba, pode representar um avanço significativo na busca por cosméticos mais ecológicos e biodegradáveis.

6. CONCLUSÃO

Os ensaios demonstraram alto fator de proteção solar nos extratos a partir dos resíduos industriais de andiroba, sugerindo-o como uma proposta sustentável para substituir filtros solares sintéticos. Além disso, este trabalho aborda um reaproveitamento de matérias que seriam descartadas.

Dessa forma, este estudo contribui para o avanço da pesquisa sobre fotoproteção natural, propondo uma alternativa inovadora para a valorização dos recursos amazônicos e a promoção de cosméticos ecológicos e sustentáveis.

7. REFERÊNCIAS

AKOUAN ANTA, J. F. E.; MBOUGUENG, P. D.; DURAND, E.; BARÉA, B.; VILLENEUVE, P.; NDJOUENKEU, R. Model development to enhance the solvent extraction of polyphenols from mango seed kernel. *Journal of Biological Active Products from Nature*, v. 8, p. 51–63, 2018. Disponível em: [Google Scholar] [CrossRef]. Acesso em: [12 mar. 2025].

ARAUJO, T. S. de; SOUZA, S. O. de. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. *Scientia Plena*, v. 4, n. 1, 2008. Disponível em: <https://scientiaplenu.emnuvens.com.br/sp/article/view/721/374>. Acesso em: [28 de fevereiro de 2025].

BERTELLI, A.; BIAGI, M.; CORSINI, M.; BAINI, G.; CAPPELLUCCI, G.; MIRALDI, E. Polyphenols: from theory to practice. *Foods*, v. 10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10112595>. Acesso em: [6 de março de 2025].

BRASIL. Farmacopeia Brasileira. 6. ed. v. 2. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. *Informações sistematizadas da relação nacional de plantas medicinais de interesse ao SUS: Carapa guianensis Aubl. Meliaceae – Andiroba*. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/cbaf/arquivos/arquivos-plantas-medicinais-e-fitoterapicos/carapa_guianensis.pdf. Acesso em: [24 de fevereiro de 2025].

BRASIL. Resolução RDC nº 30, de 21 de maio de 2012. Dispõe sobre o registro de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 22 maio 2012.

CASTRO, T. N. de; MOTA, M. D.; CAZEDEY, E. C. L. Atividade fotoprotetora e antioxidante de compostos fenólicos: uma revisão sistemática de testes *in vitro*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, Bogotá, v. 51, n. 2, p. 557-588, ago. 2022. DOI: 10.15446/rcciquifa.v51n2.97604. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182022000200557. Acesso em: [10 mar. 2025].

CLOSE, D. C.; McARTHUR, C. Rethinking the role of many plant phenolics – protection from photodamage not herbivores? *Oikos*, v. 99, p. 166-172, 2002. Acesso em: [12 mar. 2025].

COSMEFAR INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS QUÍMICOS LTDA. Indústria de cosméticos: tendências e inovações emergentes. Disponível em: <https://cosmefar.com/blog/industria-de-cosmeticos/>. Acesso em: [6 de março de 2025].

DIAS, Kaio Kelvin Barros et al. Biological activities from andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) and its biotechnological applications: a systematic review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 170, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535223000904>. Acesso em: [1 de março de 2025].

EVANGELISTA-VALE, J. C. et al. Climate change may affect the future of extractivism in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, v.257, n.109093, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109093> Acesso em: [6 de março de 2025].

FERNANDES, Danilo Araújo; COSTA, Francisco de Assis; FOLHES, Ricardo; SILVA, Harley; NETO, Raul Ventura. *Por uma bioeconomia da sociobiodiversidade na Amazônia: lições do passado e perspectivas para o futuro.* (Nota de Política Econômica nº 023). São Paulo: MADE/USP, 2022. Disponível em: https://madeusp.com.br/wp-content/uploads/2022/08/npe_23_madepdf.pdf. Acesso em: [6 de março de 2025].

FERREIRA, L. M. de M. C.; PEREIRA, R. R.; CARVALHO-GUIMARÃES, F. B. de; REMÍGIO, M. S. de N.; BARBOSA, W. L. R.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; SILVA-JÚNIOR, J. O. C. Microencapsulation by spray drying and antioxidant activity of phenolic compounds from Tucuma coproduct (*Astrocaryum vulgare* Mart.) almonds. *Polymers*, v. 14, n. 2905, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym14142905>. Acesso em: [12 mar. 2025].

FERREIRA, L. M. de M. C.; PEREIRA, R. R.; CARVALHO, F. B. de; SANTOS, A. S.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CARRÉRA SILVA JÚNIOR, J. O. Green extraction by ultrasound, microencapsulation by spray drying and antioxidant activity of the Tucuma coproduct (*Astrocaryum vulgare* Mart.) almonds. *Biomolecules*, v. 11, n. 545, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biom11040545>. Acesso em: [12 mar. 2025].

FONSECA, Aimê Stefany Alves da et al. Effects of andiroba oil (*Carapa guianensis* Aublet) on the immune system in inflammation and wound healing: a scoping review. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 318, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874124003039>. Acesso em: [1 de março de 2025].

GARCÍA-MAHECHA, M.; SOTO-VALDEZ, H.; CARVAJAL-MILLAN, E.; MADERA-SANTANA, T. J.; LOMELÍ-RAMÍREZ, M. G.; COLÍN-CHÁVEZ, C. Bioactive compounds in extracts from the agro-industrial waste of mango. *Molecules*, v. 28, n. 458, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28010458>. Acesso em: [12 mar. 2025].

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. *Dezembro Laranja chama a atenção para incidência de câncer de pele no Estado*. Agência Pará, 2023. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/40084/dezembro-laranja-chama-a-atencao-para-incidencia-de-cancer-de-pele-no-estado>. Acesso em: [6 de março de 2025].

HENRIQUES, Maria das Graças; PENIDO, Carmen. The therapeutic properties of *Carapa guianensis*. *Current Pharmaceutical Design*, v. 20, n. 6, 2014. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/cpd/2014/00000020/00000006/art00004>. Acesso em: [1 de março de 2025].

IGAWA, T. K.; TOLEDO, P. M. D.; ANJOS, L. J. S. Climate change could reduce and spatially reconfigure cocoa cultivation in the Brazilian Amazon by 2050. *PLoS ONE*, v.17, n.1, e0262729, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262729>. Acesso em: [6 de março de 2025].

INFANTE, Juliana et al. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. *Alimentos e Nutrição – Braz. J. Food Nutr.*, v. 24, n. 1, jan./mar. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291043716_Atividade_antioxidante_de_residuos_agroindustriais_e_frutas_tropicais. Acesso em: [5 de março de 2025].

JAMES, S. O. et al. Lipid fractionation and physicochemical characterization of *Carapa guianensis* seed oil from Guyana. *Processes*, v. 11, n. 9, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/9/2565>. Acesso em: [31 de outubro de 2024].

KLIMAS, Christie Ann. *A thesis presented to the Graduate School of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science*. University of Florida, 2006. Disponível em: <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/01/39/03/00001/UFE0013903.pdf>. Acesso em: [31 de outubro de 2024].

LUZ, T. R. et al. Pharmacognostic evaluation of *Carapa guianensis* Aubl. leaves: a medicinal plant native from Brazilian Amazon. *Pharmacognosy Research*, v. 11, n. 4, 2019. Disponível em: <https://phcogres.com/article/2019/11/4/104103prpr4119>. Acesso em: [31 de outubro de 2024].

MARTORANO, L. G. et al. Topoclimatic zoning of three native Amazonian forest species: approach to sustainable silviculture. *Sustainability*, v. 17, n. 4, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/4/1366>. Acesso em: [5 de março de 2025].

MENDONÇA, Andreza P.; FERRAZ, Isolde Dorothea Kossmann. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 37, n. 3, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/qGFmQ8qvC3KkCFXRMFwmK6j/>. Acesso em: [5 de março de 2025].

MENDONÇA, Andreza Pereira. Secagem e extração do óleo das sementes de andiroba (*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.). Manaus: [s.n.], 2015. Acesso em: [5 de março de 2025].

NUNES, Alesandra Ricardo; RODRIGUES, Ana Livya Moreira; QUEIRÓZ, Dinalva Brito de; VIEIRA, Icaro Gusmão Pinto; NETO, João Francisco Câmara; CALIXTO JUNIOR, João Tavares; TINTINO, Saulo Relison; MORAIS, Selene Maia de; COUTINHO, Henrique Douglas Melo. Photoprotective potential of medicinal plants from Cerrado biome (Brazil) in relation to phenolic content and antioxidant activity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 189, p. 119-123, 2018. ISSN 1011-1344. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1011134418307267>. Acesso em: [12 mar. 2025]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.10.013>.

PÉREZ, M.; DOMINGUEZ-LÓPEZ, I.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. The Chemistry Behind the Folin-Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 71, n. 46, p. 17543-17553, 22 nov. 2023. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c04022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.3c04022>. Acesso em: [10 mar. 2025].

RANA, A.; SAMTIYA, M.; DHEWA, T.; MISHRA, V.; ALUKO, R. E. Health benefits of polyphenols: a concise review. *Journal of Food Biochemistry*, v. 46, n. 10,

2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfbc.14264>. Acesso em: [5 de março de 2025].

SANTOS, K. I. P. dos; BENJAMIM, J. K. F.; COSTA, K. A. D.; REIS, A. S. dos; PINHEIRO, W. B. de S.; SANTOS, A. S. Metabolomics techniques applied in the investigation of phenolic acids from the agro-industrial by-product of *Carapa guianensis* Aubl. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 14, n. 11, p. 103421, 2021. DOI: 10.1016/j.arabjc.2021.103421. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535221004366>. Acesso em: [10 mar. 2025].

SILVA, J. A. B. da; ASSUNÇÃO, M. F. de; VASCONCELOS, T. C. L. Medicinal plants in anti-aging: an integrative review. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 5, 2023. DOI: <10.33448/rsd-v12i5.41813>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/41813>. Acesso em: [5 de março de 2025].

SILVA, S. R. F.; MELO, K. C.; MOURA, A. A. S.; GATTI, L. C. P.; COSTA, C. E. F.; NASCIMENTO, L. A. S. Caracterização dos parâmetros físico-químicos dos óleos de andiroba e pracaxi. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA**, 62., 2022, São Luís – MA. Anais [...]. São Luís: ABQ, 2022. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2022/trabalhos/3/881-807.html>. Acesso em: [12 mar. 2025.]

SILVA, Leirson Rodrigues da. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. *Nativa*, Sinop, v. 6, n. 2, p. 147-154, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v6i2.4729. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327351323_PROPRIEDADES_FISICO-QUIMICAS_E_PERFIL_DOS_ACIDOS_GRAXOS_DO_OLEO_DA_ANDIROBA. [Acesso em: 12 mar. 2025].

SOUSA, Ronaldo Lopes de et al. Extração e comercialização do óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) na comunidade da Ilha das Onças, no município de Barcarena, Pará, Brasil. *Interações*, v. 20, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/gKhmR8JJGNrbtDjT6mgG5DD/>. Acesso em: [5 de março de 2025].

UNIVASF. Qual a diferença entre lixo orgânico e inorgânico? 2020. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/qual-a-diferenca-entre-lixo-organico-e-inorganico>. Acesso em: [5 de março de 2025].

WANG, Tianyou et al. Polyphenolic sunscreens for photoprotection. *Green Chemistry*, v. 24, n. 4, 2022. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/gc/d1gc04828g/unauth>. Acesso em: [31 de outubro de 2024].

YAMAGUCHI, Klenicy Kazumy de Lima. *Caracterização de substâncias fenólicas de resíduos de frutos amazônicos e avaliação para o uso biotecnológico*. 2015. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4807/2/Tese%20-%20Klenicy%20Kazumy%20de%20Lima%20Yamaguchi.pdf>. Acesso em: [5 de março de 2025].
