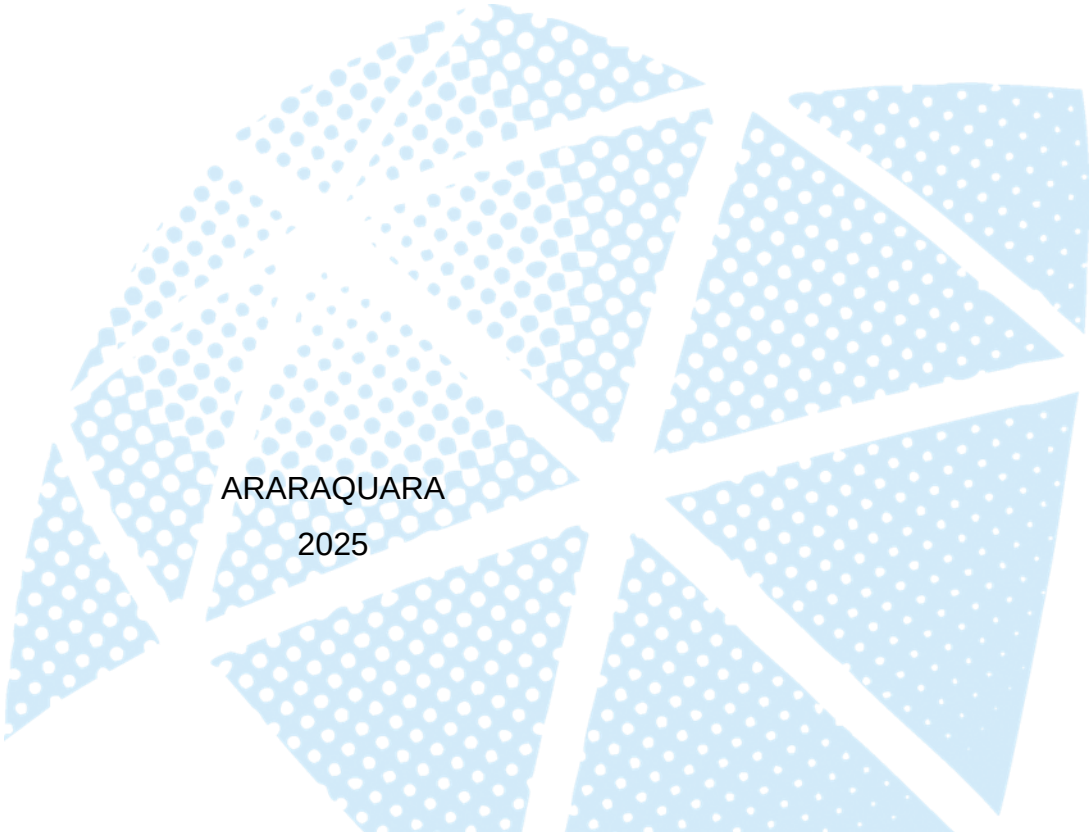


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Campus Araraquara

LARISSA FREIRE FABRÍCIO

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO MESOCARPO DE *ATTALEA*
***SPECIOSA* MART. EX SPRENG**

ARARAQUARA
2025



LARISSA FREIRE FABRÍCIO

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO MESOCARPO DE *ATTALEA SPECIOSA* MART. EX SPRENG

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp, Araraquara, para obtenção do título de doutora em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. Célia Maria de Sylos

ARARAQUARA

2025

-
- F126a** Fabrício, Larissa Freire.
Avaliação da atividade antimicrobiana do mesocarpo de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng / Larissa Freire Fabrício. – Araraquara, 2025.
100 f. : il.
- Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição. Área de concentração: Ciência de Alimentos.
- Orientadora: Célia Maria de Sylos.
1. Babaçu. 2. *Attalea speciosa*. 3. Compostos naturais. 4. Atividade antibacteriana. 5. Biofilmes. 6. Clorexidina. 7. Triglicerídeos. 8. Ácido ricinoléico. I. Sylos, Célia Maria de, orient. II. Título.

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

CAPES: 33004030055P6
Esta ficha não pode ser modificada

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Avaliação das propriedades antimicrobianas dos diferentes extratos de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.

AUTORA: LARISSA FREIRE FABRICIO
ORIENTADORA: CELIA MARIA DE SYLOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, área de conhecimento: Ciência de Alimentos pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. CELIA MARIA DE SYLOS
Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da UNESP

Profa. Dra. QUELI CRISTINA FIDELIS
Departamento de Química / Universidade Estadual do Vale do Acaraú

Profa. Dra. ELIANE MARIA RAVASI STÉFANO SIMIONATO
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde / Universidade do Sagrado Coração

Prof. Dr. JOSE PASCHOAL BATISTUTI
Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da UNESP

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Prof. Dr. JOAO BOSCO FARIA

Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da UNESP

Araraquara, 19 de dezembro de 2016.

Dedico este trabalho à minha filha
Catharina, razão maior para a conclusão
desta tese.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Célia Maria de Sylos (*in memoriam*), cuja paciência, confiança e presença foram meu sustento em vida e em espírito na condução deste trabalho. Ao Prof. Dr. Victor Alves Carneiro, que com sua constante disponibilidade e seus incentivos, abriu portas inesperadas e contribuiu de forma significativa nas análises microbiológicas; ao Prof. Dr. Francisco Eduardo Aragão Catunda Júnior, que sempre apoiou meu percurso acreditando mais no meu trabalho acadêmico do que eu mesma, além de compartilhar valiosos ensinamentos; e ao Prof. Dr. Raimundo Braz Filho, que ofereceu importante suporte na interpretação das análises de Ressonância Magnética Nuclear (RMN). Registro também meu reconhecimento ao Prof. Dr. Alberto José Cavalheiro, que prestou colaboração essencial na interpretação dos resultados de Cromatografia Gasosa (CG).

Agradeço a Juliana Carla Rios e Rafaela Mesquita Bastos Cavalcante pelo suporte nas análises microbiológicas, e a Roberta Lomonte Lemos Brito pela revisão final do artigo científico.

Manifesto minha gratidão a Juhan Augusto Scardelato Pereira e ao Prof. Dr. André Gonzaga dos Santos, que, com dedicação e paciência, contribuíram de forma significativa para as análises de isolamento químico.

Agradeço a minha ex aluna Lurdileide Duarte Rodrigues que pelas mãos de Deus sugeriu o trabalho com o babaçu, mostrando suas potencialidades e as tradições do seu uso no estado do Ceará; ao Prof. Francisco Osvaldo Aguiar que apresentou a comunidade Terra Nova e o trabalho regionalista realizado em prol da conservação do babaçu.

Agradeço aos moradores da Comunidade Terra Nova, em especial ao líder comunitário Prof. Luís Carlos Rodrigues Neves, pelo apoio na coleta dos frutos do babaçu que possibilitaram a realização desta pesquisa. Ao carinho, receptividade e amor recebido por cada membro da comunidade durante os momentos que passei aprendendo com todos.

Agradeço imensamente às “meninas” da Seção Técnica de Pós-Graduação — Denise Daré Hatanaka, Aniele Vilella e Cláudia Lúcia Molina. Sem o ajuda, a dedicação e a generosidade de vocês, eu não teria conseguido concluir a versão

final deste trabalho. Vocês são pessoas especiais, de um coração enorme. Muito obrigada por acreditarem em mim.

Agradeço a Kazumi Tomoyose, Diretora Técnica de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara (FCFAR), pelo apoio e pela valiosa contribuição na orientação quanto às normas técnicas de formatação e revisão, de acordo com os padrões exigidos pela instituição.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), ao Centro Universitário Inta (UNINTA), à Universidade Federal do Ceará (UFC) e à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento **001**.

RESUMO

As doenças infecciosas bucais são altamente prevalentes e têm como principal causa o acúmulo de biofilmes formados por microrganismos como *Streptococcus mutans* e outros agentes oportunistas. O uso prolongado de antissépticos como a clorexidina (CLX) apresenta limitações, o que impulsiona a busca por alternativas naturais menos tóxicas. Nesse contexto, o babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng), amplamente utilizado por comunidades brasileiras, destaca-se por seu potencial farmacológico. Assim, o estudo propõe avaliar a atividade antimicrobiana e antibiofilme dos extratos e frações obtidos do mesocarpo do babaçu, visando identificar compostos bioativos com potencial aplicação na saúde bucal. O material vegetal foi coletado na Serra da Meruoca (CE), sendo o mesocarpo processado e submetido a diferentes métodos de extração, destacando-se a sonicação a 35 °C pelo maior rendimento. O extrato vegetal foi preparado adicionando 70,0 g da farinha do mesocarpo em frasco âmbar contendo um litro de solvente extrator etanólico, hexânico, acetato de etila e butanólico (1:15 g/ml). Os testes preliminares da atividade antimicrobiana foram realizados utilizando as frações obtidas e os extratos hexânico (EH), extrato acetato de etila (EAE) e o extrato butanólico (EB). As amostras foram avaliadas frente a microrganismos de relevância clínica, incluindo *S. mutans*, *S. oralis*, *S. salivarius*, *S. pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*, por meio da determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM), Concentração Bactericida Mínima (CBM) e Concentração Mínima Inibitória de Biofilme (CMIB). O EH apresentou atividade antimicrobiana significativa, com CIM variando entre 62,5 e 250 µg/ml, e efeito antibiofilme relevante sobre *S. mutans* e *S. oralis* ($p \leq 0,01$). A combinação do EH com CLX evidenciou efeito sinérgico (ICIF = 0,13), reduzindo substancialmente as concentrações efetivas de ambos os agentes. A purificação do EH resultou na subfração F.2, cuja análise por cromatografia e espectroscopia (CG/EM e RMN) revelou a presença de triacilgliceróis, destacando-se o ácido ricinoléico e o 1,3-dimiristoil-2-oleoil glicerol, identificados pela primeira vez no mesocarpo do babaçu. Os resultados demonstram o potencial do mesocarpo do babaçu como fonte de compostos lipofílicos com ação antimicrobiana e antibiofilme, especialmente contra

patógenos orais. Recomenda-se a realização de estudos *in vivo* para confirmação da eficácia, segurança, biodisponibilidade e impacto sobre a microbiota oral, visando o desenvolvimento de formulações naturais para o controle da cárie e doenças periodontais.

Palavras-chave: babaçu; *Attalea speciosa*; compostos naturais; atividade antibacteriana; biofilme; clorexidina; triacilgliceróis; ácido ricinoléico.

ABSTRACT

Oral infectious diseases are highly prevalent and are primarily caused by the accumulation of biofilms formed by microorganisms such as *Streptococcus mutans* and other opportunistic agents. The prolonged use of antiseptics such as chlorhexidine presents limitations, driving the search for less toxic natural alternatives. In this context, babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng), widely used by Brazilian communities, stands out for its pharmacological potential. Thus, this study proposes to evaluate the antimicrobial and antibiofilm activities of extracts and fractions obtained from babaçu mesocarp, aiming to identify bioactive compounds with potential applications in oral health. Plant material was collected in Serra da Meruoca (CE), and the mesocarp was processed and subjected to different extraction methods, with sonication at 35 °C yielding the highest extractive efficiency. The vegetal extract was prepared by adding 70.0 g of mesocarp flour into an amber flask containing one liter of ethanolic, hexanic, ethyl acetate, or butanolic solvent (1:15 g/ml). Preliminary antimicrobial assays were performed using the obtained fractions and the hexanic (HE), ethyl acetate (EAE), and butanolic (BE) extracts. The samples were tested against clinically relevant microorganisms, including *S. mutans*, *S. oralis*, *S. salivarius*, *S. pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*, through determination of the Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Minimum Bactericidal Concentration (MBC), and Minimum Biofilm Inhibitory Concentration (MBIC). HE exhibited significant antimicrobial activity, with MIC values ranging from 62.5 to 250 µg/ml, and demonstrated a relevant antibiofilm effect against *S. mutans* and *S. oralis* ($p \leq 0.01$). The combination of HE with chlorhexidine showed a synergistic effect (FICI = 0.13), substantially reducing the effective concentrations of both agents. Purification of HE resulted in subfraction F.2, whose chromatographic and spectroscopic analyses (GC-MS and NMR) revealed the presence of triacylglycerols, notably ricinoleic acid and 1,3-dimyristoyl-2-oleoyl glycerol, identified for the first time in the mesocarp of babaçu. The results demonstrate the potential of babaçu mesocarp as a source of lipophilic compounds with antimicrobial and antibiofilm activities, especially against oral pathogens. In vivo studies are recommended to confirm efficacy, safety,

bioavailability, and impacts on the oral microbiota, aiming at the development of natural formulations for the control of dental caries and periodontal diseases.

Keywords: babaçu; *Attalea speciosa*; natural compounds; antibacterial activity; biofilm; chlorhexidine; triacylglycerols; ricinoleic acid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Indivíduos em área de campo no município de Meruoca-CE.....	24
Figura 2. Partes aproveitáveis do fruto.....	25
Figura 3. Quebra do coco para retirada do mesocarpo.....	27
Figura 4. Produção da farinha do babaçu	27
Figura 5. O machado utilizado na separação do endocarpo da amêndoa do babaçu	28
Figura 6. Quantidade em toneladas de amêndoas extraídas do babaçu no estado do Ceará e nos municípios de Meruoca e Sobral entre os anos de 2010 - 2014	30
Figura 7. Fluxograma esquemático da extração sólido-líquido	43
Figura 8. Fluxograma esquemático da partição líquido-líquido	44
Figura 9. Fluxograma esquemático das análises da atividade antimicrobiana.....	45
Figura 10. Representação esquemática da ativação das cepas	46
Figura 11. Representação esquemática da diluição seriada do EV em placa de 96 poços para avaliação da CIM.....	47
Figura 12. Representação esquemática da placa de Petri contendo o EV e o microrganismo em meio ágar BHI	47
Figura 13. Representação esquemática da metodologia utilizada na avaliação da CMIB	48
Figura 14. Representação esquemática da metodologia utilizada para determinação da quantificação da biomassa.....	49
Figura 15. Fluxograma do processo de isolamento de substâncias.....	51
Figura 16. Atividade do EH do mesocarpo de <i>A. speciosa</i> contra a formação do biofilme.....	56
Figura 17. Cromatoplasmas da F.2 do EH	59
Figura 18. Dados espectrométricos de RMN (600 MHz) em CDCl_3 da amostra 360	60
Figura 19. Espectro HSQC em CDCl_3 da amostra 360	61
Figura 20. Espectro HSBC em CDCl_3 da amostra 360	62
Figura 21. Estrutura química do triacilglicerol identificado	62
Figura 22. Estrutura química da oleamida.....	63
Figura 23. Cromatograma da amostra 360	63
Figura 24. Cromatograma da Biblioteca Espectral de Massas.....	63
Figura 25. Espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 361	66
Figura 26. Estrutura do ácido ricinoléico e seu respectivo espectro de RMN ^1H	66
Figura 27. Estrutura química do triacilglicerol 1,3-dimiristoil-2-oleoil glicerol conforme o espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362.....	68
Figura 28. Espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362	68
Figura 29. Estrutura química do triacilglicerol 1,3-dimiristoil-2-oleoil glicerol segundo espectro RMN ^{13}C 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362	68
Figura 30. Espectro RMN ^{13}C 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variação do índice pluviométrico nos municípios de Meruoca e Sobral entre os anos de 2010 e 2015.....	30
Tabela 2. Rendimento e sensibilidade do agente antimicrobiano em diferentes técnicas extrativas.....	53
Tabela 3. Avaliação da CIM das frações da farinha do babaçu contra microrganismos de relevância clínica.....	54
Tabela 4. Avaliação da atividade antimicrobiana do EH de <i>A. speciosa</i> contra microrganismos da cavidade oral.....	54
Tabela 5. Avaliação do Ensaio Checkerboard do EH de <i>A. speciosa</i> contra <i>S. mutans</i>	58
Tabela 6. Avaliação da atividade antimicrobiana das frações F.1, F.2, F.3 e F.4 do HE da farinha do babaçu contra <i>S. salivarius</i>	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<i>A. speciosa</i>	<i>Attalea speciosa</i>
ATCC	American Type Culture Collection
BHI	Brain Heart Infusion
<i>C. albicans</i>	<i>Candida albicans</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBM	Concentração Bactericida Mínima
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CG-EM	Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas
CCD	Cromatografia em Camada Delgada
CC	Cromatografia em Coluna
CLX	Clorexidina
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
CIF	Concentração Inibitória Fracional
COSY	Homonuclear Correlation Spectroscopy
CV	Cristal Violeta
DO	Densidade Óptica
EAE	Extrato Acetato de Etila
EB	Extrato Butanólico
EH	Extrato Hexânico
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
EV	Extrato Vegetal
FAE	Fração Acetato de Etila
FA	Fração Aquosa
FB	Fração Butanólica
FCFAR	Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara
FE	Fração Etanólica
FH	Fração Hexânica

FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
GLASS	Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System
HSBC	Heteronuclear Multiple Bond Correlation
HSQC	Heteronuclear Single Quantum Coherence
ICIF	Índice de Concentração Inibitória Fracional
LC-HRESIMS	Liquid Chromatography-High Resolution Electrospray Ionization Mass Spectrometry
M	Concentração molar
MHz	Megahertz
mg	Miligrama
ml	Mililitro
MRSA	<i>Staphylococcus aureus</i> Resistente à Meticilina
nm	Nanômetro
OMS/WHO	Organização Mundial da Saúde/ World Health Organization
PA	Para Análise
pH	Potencial Hidrogeniônico
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>S. mutans</i>	<i>Streptococcus mutans</i>
<i>S. oralis</i>	<i>Streptococcus oralis</i>
<i>S. pyogenes</i>	<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>S. salivarius</i>	<i>Streptococcus salivarius</i>
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL.....	20
2.1 Resistência microbiana e uso de produtos naturais	20
2.2 O bioma e a biodiversidade brasileira como fonte de compostos bioativos.....	22
2.3 Babaçu	24
2.4 Aspectos econômicos	29
2.5 Uso tradicional e registros etnobotânicos	31
2.6 Microbiota oral e importância das bactérias <i>Streptococcus</i>	33
2.7 Potencial de óleos e extratos vegetais sobre bactérias orais.....	36
2.8 Perspectivas para o uso de extratos do babaçu na odontologia.....	37
3 OBJETIVOS.....	40
3.1 Objetivo geral	40
3.2 Objetivo específicos	40
5 MATERIAL E MÉTODO.....	42
5.1 Aquisição das amostras	42
5.2 Extração do material vegetal.....	42
5.4 Condições de crescimento.....	45
5.5 Determinação da CIM.....	46
5.6 Determinação da CBM	47
5.7 Concentração Mínima Inibitória de Biofilme (CMIB) ou Antibiofilme	48
5.8 Quantificação da Biomassa.....	48
5.9 Ensaio de Checkerboard	49
5.10 Purificação e isolamento de substâncias	50
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
7.1 Otimização da extração	53
7.2 Triagem da atividade antimicrobiana por determinação da CIM.....	53
7.3 Triagem da atividade antimicrobiana das frações do EH: purificação e isolamento de substâncias.....	58
7.3.1 Amostra 360.....	60

7.3.1.1 Oleamida	62
7.3.2 Amostra 361.....	65
7.3.3 Amostra 362.....	67
7.3.4 Amostra 322.....	70
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE A - ESPECTRO DE RMN DE ^1H 600 MHZ EM CDCl_3 DA AMOSTRA 360	97
APÊNDICE B – ESPECTRO HOMONUCLEAR CORRELATION SPECTROSCOPY (COSY) EM CDCl_3 DA AMOSTRA 360	98

1 INTRODUÇÃO

As doenças infecciosas da cavidade oral estão entre as condições mais prevalentes no mundo e representam um relevante problema de saúde pública. Estima-se que cerca de 3,5 bilhões de pessoas sejam afetadas por alguma condição bucal, sendo a cárie dentária e as doenças periodontais as mais comuns (OMS, 2022). Essas doenças apresentam etiologia multifatorial, envolvendo fatores ambientais, comportamentais e microbiológicos. O principal fator determinante, entretanto, é a presença e o acúmulo de biofilmes microbianos aderidos às superfícies dentárias, estruturas altamente organizada composta por microrganismos imersos em uma matriz extracelular de polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos (Marsh, 2006).

No ambiente bucal, espécies bacterianas como *S. mutans*, *S. oralis* e *S. salivarius* são reconhecidas como os principais agentes associados à formação da placa dental e ao desenvolvimento da cárie (Bowden; Ellwood; Hamilton, 1979; Spatafora *et al.*, 2024). Esses microrganismos metabolizam carboidratos dietéticos, liberando ácidos que promovem a desmineralização do esmalte dentário. Outras espécies, como *S. aureus*, *E. faecalis* e *P. aeruginosa*, além do fungo *C. albicans*, também participam de infecções orais oportunistas e processos endodônticos persistentes (Takahashi; Nyvad, 2010; Carlson, 1983; Lindsay; Hogan, 2014). O biofilme confere resistência microbiana aumentada e dificulta a ação de antimicrobianos, o que reforça a necessidade de novos agentes terapêuticos capazes de atuar sobre essas estruturas (Flemming; Wingender, 2010).

Atualmente, o controle químico da microbiota oral é realizado por meio de antissépticos, sendo a CLX o padrão-ouro por sua eficácia antibacteriana de amplo espectro (Hortense *et al.*, 2010). Entretanto, o uso prolongado desse composto está associado a efeitos adversos como pigmentação dental, alterações no paladar, mucosite e desequilíbrio da microbiota benéfica (Marsh; Zaura, 2017). Além disso, a crescente resistência microbiana tem impulsionado a busca por alternativas naturais com propriedades antimicrobianas e menor toxicidade. Nesse cenário, produtos de origem vegetal vêm despertando grande interesse por apresentarem diversidade química e potencial farmacológico significativo (Cowan, 1999; Veiga Junior; Pinto; Maciel, 2005).

Entre as espécies vegetais brasileiras com potencial terapêutico destaca-se o babaçu, uma palmeira da família Arecaceae amplamente distribuída nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (EMBRAPA, 1984). O coco babaçu é nativo de regiões de florestas densas e úmidas, abrangendo uma área estimada de ocorrência de aproximadamente 180.000 km² no território brasileiro (Carrazza; Ávila; Silva, 2012). Essa espécie possui expressiva importância socioeconômica e ecológica, constituindo um dos principais recursos utilizados por comunidades extrativistas, especialmente no Maranhão, Piauí e Ceará.

O babaçu destaca-se pelo potencial de aproveitamento integral de todas as partes do fruto — epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa — que são empregadas na produção artesanal, na alimentação humana e animal (Lorenzi *et al.*, 2004), na fabricação de biocombustíveis (Da Rós *et al.*, 2014), na geração de bioenergia (Protásio, 2014) e na medicina tradicional, onde é utilizado no tratamento de diversas enfermidades, incluindo processos inflamatórios e doenças infecciosas (Scheibe *et al.*, 2016; Araruna *et al.*, 2020).

O mesocarpo do babaçu, em particular, corresponde a cerca de 20 % do peso do fruto e constitui um subproduto de grande potencial farmacológico, ainda pouco explorado. Estudos fitoquímicos revelam a presença de compostos fenólicos, ácidos graxos, triacilgliceróis e outros metabólitos com atividades biológicas relevantes (Leal *et al.*, 2016; Paixão *et al.*, 2019; Machado *et al.*, 2021). Esses constituintes podem interagir com membranas celulares microbianas, causando desestabilização estrutural, aumento da permeabilidade e morte celular, mecanismos frequentemente associados à ação antimicrobiana de óleos vegetais e frações apolares (Di Pasqua *et al.*, 2007).

Pesquisas recentes têm demonstrado que extratos e frações obtidos do mesocarpo do babaçu apresentam atividades antioxidante, anti-inflamatória, cicatrizante e antimicrobiana (Da Cruz *et al.*, 2025; Barroqueiro *et al.*, 2016). No entanto, há escassez de estudos voltados especificamente à sua ação sobre microrganismos da microbiota oral e à inibição da formação de biofilmes, lacuna que justifica a realização de pesquisas bioguiadas para elucidar o potencial desse recurso vegetal no contexto odontológico.

Considerando a importância das espécies nativas brasileiras tradicionalmente utilizadas no tratamento de infecções e a necessidade de identificar os compostos responsáveis por essas atividades, o presente estudo propõe uma abordagem

bioguiada para avaliar a atividade antimicrobiana e antibiofilme de diferentes extratos e frações do mesocarpo do babaçu. Além de determinar a eficácia frente a microrganismos patogênicos orais, verificar possíveis efeitos sinérgicos com a CLX e caracterizar o perfil químico das amostras visando contribuir para o desenvolvimento de alternativas naturais seguras e sustentáveis aplicáveis à prevenção e ao controle das infecções bucais.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

2.1 Resistência microbiana e uso de produtos naturais

A resistência microbiana, especialmente a das bactérias frente aos antimicrobianos sintéticos, constitui-se atualmente como um dos principais desafios à saúde pública mundial. Desde a introdução em larga escala dos antibióticos, a humanidade obteve ganhos consideráveis em procedimentos cirúrgicos, tratamentos em unidades de emergência e urgência e no controle de infecções hospitalares. Entretanto, esse avanço encontra-se em risco em razão da disseminação de bactérias resistentes (Almeida *et al.*, 2023).

Essa resistência resulta de diversos mecanismos adaptativos, como mutações espontâneas, transferência horizontal de genes (plasmídeos e transposões) e forte pressão seletiva decorrente do uso e abuso de antimicrobianos em humanos, animais, na agricultura e no meio ambiente. Esses fatores, combinados, contribuem para a rápida propagação da resistência bacteriana, tornando o controle das infecções cada vez mais complexo e oneroso para os sistemas de saúde (WHO, 2025; BRASIL, 2023).

Nos últimos anos, os dados fornecidos pela World Health Organization (WHO) e pelo sistema Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) confirmam que a resistência bacteriana não é apenas um problema local ou pontual, mas sim uma ameaça global em expansão. Segundo o relatório 2025 da OMS, com base em mais de 23 milhões de casos bacteriologicamente confirmados em 104 países, estima-se que 1 em cada 6 infecções bacterianas foi resistente ao tratamento com antibióticos em 2023 (WHO, 2025).

Além disso, verificou-se um aumento de mais de 40 % nas combinações microrganismo-droga monitoradas entre 2018 e 2023, com crescimento anual médio na ordem de 5 a 15 %, demonstrando a rápida evolução e disseminação da resistência bacteriana no período analisado. Essa elevação da resistência bacteriana compromete tratamentos de rotina, reduz a eficácia de intervenções médicas, aumenta mortalidade, morbidade e custos hospitalares aumentando o risco de retornarmos a uma era pré-antibiótica (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2024).

Em particular, alguns patógenos gram-positivos presentes na cavidade oral, como *S. mutans*, *E. faecalis* e *S. aureus*, têm apresentado resistência crescente a antibióticos convencionais, incluindo penicilinas e tetraciclina, comprometendo a eficácia de tratamentos odontológicos, periodontais e endodônticos (Chaves *et al.*, 2022; Pinheiro *et al.*, 2003; Cussolim *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, torna-se essencial buscar novas alternativas terapêuticas, incluindo o desenvolvimento de novos fármacos. No entanto, a capacidade de inovação da indústria farmacêutica em antibióticos encontra-se estagnada, devido ao elevado custo de desenvolvimento, à complexidade dos processos e ao baixo retorno financeiro em comparação com terapias voltadas a outras doenças (Outterson, 2021).

Nesse contexto, a exploração de estratégias alternativas, especialmente produtos naturais, assume caráter estratégico e promissor. A indústria farmacêutica demonstra grande interesse em compostos derivados de produtos naturais, pois estes fornecem novas entidades químicas com potencial terapêutico e podem superar limitações dos fármacos convencionais (Zhai *et al.*, 2023).

Além do desafio da resistência microbiana, destaca-se a relevância crescente dos produtos naturais, particularmente plantas medicinais e seus metabólitos como fontes promissoras de novos fármacos ou compostos adjuvantes (Veiga Júnior; Pinto; Maciel, 2005). A história da farmacologia evidencia que grande parte dos medicamentos modernos tem origem ou inspiração em compostos extraídos de organismos vivos, como plantas, fungos e microrganismos (Orhan, 2017).

Deste modo, a natureza permanece como uma fonte essencial de “leads” estruturais para o desenvolvimento farmacêutico, mesmo à medida que a química sintética e combinatória ganha maior destaque. Estima-se que cerca de 80 % dos 122 medicamentos derivados de plantas mantenham relação com seu uso etnofarmacológico original, evidenciando tanto a relevância histórica quanto a contemporânea das plantas medicinais (Fabricant; Farnsworth, 2001).

Destacam-se, portanto, pela vasta diversidade química e pela compatibilidade estrutural de seus metabólitos com alvos biológicos (Guo *et al.*, 2022; Wink, 2008). Entre esses compostos, os lipídeos e ácidos graxos essenciais têm recebido atenção crescente na farmacologia contemporânea. Diferentemente dos lipídeos estruturais comuns, como fosfolipídios e triglicerídeos, esses compostos participam

ativamente dos mecanismos de defesa vegetal. Além disso, podem atuar como agentes antimicrobianos naturais, moduladores de sinalização celular e inibidores da formação de biofilmes microbianos (Lim *et al.*, 2017).

Os ácidos graxos oxigenados (hidroxi ou epóxi), os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, bem como lipídeos sulfatados e glicolipídeos secundários, têm demonstrado ampla atividade biológica. Evidências experimentais indicam que tais compostos interferem na integridade da membrana bacteriana, desestabilizando biofilmes ou alterando a permeabilidade celular, sobretudo em bactérias gram-negativas, reconhecidamente mais resistentes aos antibióticos convencionais (Coraça *et al.*, 2021).

Adicionalmente, esses lipídeos podem atuar sinergicamente com outros metabólitos, como flavonoides, terpenos e alcaloides, potencializando o efeito antimicrobiano e reduzindo a probabilidade de desenvolvimento de resistência microbiana. Embora pouco estudados isoladamente, sua presença já foi registrada em plantas da família *Sarraceniaceae*, juntamente com outros metabólitos bioativos, como ácidos graxos e alcaloides (Miclea, 2022). Essa associação entre diferentes classes de metabólitos ressalta o caráter multifuncional e colaborativo das substâncias bioativas vegetais.

Os alcaloides, de grande relevância farmacológica, e as saponinas, com propriedades antimicrobianas e imunomoduladoras, frequentemente, atuam em sinergia com lipídeos e ácidos graxos, fortalecendo a defesa contra estresses bióticos e abióticos. Esses metabólitos constituem um valioso reservatório de moléculas com potencial terapêutico contra microrganismos resistentes (Simões, 2017).

Nesse sentido, a combinação de métodos modernos, como metabolômica, genômica, biologia de sistemas e inteligência artificial, tem facilitado a descoberta de novas substâncias bioativas. Essas abordagens ajudam a identificar e validar compostos, incluindo lipídeos e ácidos graxos especializados, de forma mais rápida, acelerando o desenvolvimento de novas moléculas terapêuticas (Caesar *et al.*, 2021).

2.2 O bioma e a biodiversidade brasileira como fonte de compostos bioativos

O Brasil concentra entre 15% e 20% da biodiversidade mundial, com destaque para as plantas superiores, que correspondem a cerca de 20% desse total. Além de servirem como matéria-prima para fitoterápicos e medicamentos, essas espécies são utilizadas em práticas tradicionais e populares, como remédios caseiros, refletindo a diversidade cultural, o vasto saber e o conhecimento transmitido entre gerações sobre o manejo de plantas medicinais (BRASIL, 2006).

Nessa perspectiva, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define planta medicinal como toda espécie vegetal, ou parte dela, que contenha substâncias ou classes de compostos responsáveis por uma ação terapêutica específica (BRASIL, 2010). O uso dessas ervas é mais comum entre adultos e idosos, geralmente como forma complementar ao tratamento de doenças crônicas, em razão da crença de que representam alternativas naturais isentas de efeitos colaterais adversos (Francisco; Ferreira, 2021).

A amplitude da flora medicinal brasileira reflete-se também na diversidade de seus biomas. O país abriga alguns dos ecossistemas mais ricos do planeta, como a Amazônia e o Cerrado, que apresentam elevada diversidade vegetal, estrutural e química. Essas regiões concentram inúmeras espécies nativas ainda pouco estudadas sob os aspectos químico e biotecnológico (Valli; Russo; BolzanI, 2018). Nos últimos anos, tais espécies têm despertado crescente interesse científico e tecnológico, especialmente pela descoberta de compostos com potencial aplicação farmacêutica, cosmética e industrial (Ellwanger; Nobre; Chies, 2023; Dantas; Alves; Chapla, 2021).

Nesse contexto, políticas públicas de conservação e valorização dos recursos naturais têm se fortalecido no Brasil. Iniciativas como a Estratégia Nacional de Biodiversidade, o manejo sustentável de florestas e vegetações nativas e o reconhecimento das cadeias produtivas extrativistas são fundamentais para promover o uso sustentável da biodiversidade (BRASIL, 2002). Um exemplo concreto dessa integração entre conservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico é o uso sustentável do babaçu espécie de grande relevância para comunidades tradicionais e extrativistas.

A biodiversidade brasileira, portanto, representa um patrimônio estratégico para o avanço científico e tecnológico. A riqueza dos biomas nacionais, especialmente da Amazônia e do Cerrado, oferece oportunidades para o

aproveitamento de espécies vegetais com alto potencial biotecnológico, como o babaçu, cujas propriedades químicas e usos tradicionais reforçam sua importância ambiental, econômica e social (De Arruda; Da Silva; Sander, 2014).

2.3 Babaçu

O coco babaçu, também chamado de babassú, coco-de-macaco, coco-de-palmeira, baguaçu, aguaçu, dentre outros, é o fruto originário de uma palmácea da família Arecaceae (Lorenzi *et al.*, 2004). A palmeira ocupa no Brasil uma área aproximada de 180.000 km², abrangendo os estados do Maranhão, Piauí, Pará e Tocantins, onde há maior incidência das espécies *A. speciosa* Mart. ex Spreng *sin. Orbignya phalerata* Mart., *Orbignya eichleri* Drude, *Orbignya teixeirana* Bondar e *Orbignya microcarpa* Martius. e, nos estados da Bahia, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, prevalecendo as espécies *A. oleífera* Barb. Rodr., *A. pindobassu* Bondar (Carraza; Ávila; Silva, 2012; Zylberstajn *et al.*, 2000). Existem relatos de ocorrência de babaçuais no estado do Ceará (Araújo *et al.*, 2013).

As palmeiras possuem crescimento lento chegando a atingir cerca de 30 m de altura. O caule é aéreo do tipo estipe liso, cilíndrico, com formato de taça e dimensões em torno de 40 cm. As folhas possuem de 5 a 10 m de comprimento, são pinadas, eretas e divergentes com bainha e pecíolo persistente e fibroso, totalizando 15 a 20 folhas por planta (Figura 1) (Lorenzi, 2010).

Figura 1. Indivíduos em área de campo no município de Meruoca-CE

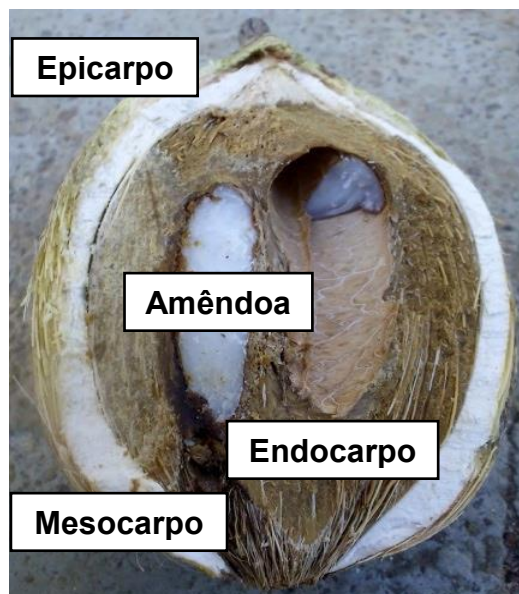


Fonte: Autora (2015).

A floração e frutificação do babaçu iniciam-se quando a palmeira atinge aproximadamente 10 anos, sendo que o ápice da produção é alcançado com 20 anos (May, Veiga Neto; Cheves 2000; Frazão, 1992). A floração ocorre entre janeiro a abril com o surgimento de flores creme-amareladas dispostas em cachos. A frutificação ocorre nos meses de agosto a dezembro, incidindo o pico da safra entre os meses de novembro a dezembro, onde cada planta poderá produzir até 12 cachos de coco, totalizando 2880 cocos (Lorenzi, 1996; MAPA, 2012).

Os frutos são caracterizados como ovais alongados nas extremidades e lisos, com aproximadamente 11,3 x 6,3 cm de diâmetro. Estes permanecem presos à ráquila em cachos pêndulos (Miranda *et al.*, 2001). São formados por quatro partes: o epicarpo, o mesocarpo, o endocarpo e a amêndoa, também denominada castanha (Figura 2) (EMBRAPA, 1984).

Figura 2. Partes aproveitáveis do fruto



Fonte: Autora (2025)

O epicarpo é camada externa, mais resistente e visível do fruto, é uma camada fibrosa que apresenta coloração marrom quando na maturidade. O epicarpo corresponde a 11 % do peso total do fruto. O mesocarpo, também chamado popularmente como “massa do babaçu”, é uma camada seca, farinácea, oleosa, fibrosa, com coloração marrom-esbranquiçada, que possui 2 a 3 cm de espessura e totaliza 23 % do peso total do fruto. O endocarpo é uma camada fibrosa, marrom, que compreende 59 % do peso total do fruto. No interior encontra-se a amêndoa,

uma camada oleaginosa de coloração esbranquiçada e vítrea envolta por uma película marrom. Cada palma possui de 1 a 6 amêndoas por fruto que pesam em média 3 a 4 g. Esta camada corresponde a cerca de 7 % do peso total do fruto (Lorenzi *et al.*, 2004; Lorenzi, 2010; Santiago, 1985; Carrazza; Ávila; Silva, 2012; Soler; Vitali; Muto, 2007).

A composição nutricional do mesocarpo em pó do babaçu apresenta aproximadamente 10,3 % de umidade, 76,8 % de carboidratos, dos quais 65,2 % correspondem a amido, 7,1 % de fibra alimentar, 2,1 % de proteínas, 3,8 % de lipídios e 1,2 % de cinzas, além de 270 mg/100 g de potássio (Carneiro *et al.*, 2013). A amêndoa apresenta em sua composição cerca de 60 % a 68 % de gorduras totais, dependendo dos fatores edafoclimáticos pode atingir em torno 70 % de lipídios, 7 % de proteínas, 18 % de carboidratos, 0,5 % de ácido fosfórico, 8 % de sais de cálcio e outros (Peixoto, 1973).

O óleo do babaçu é composto principalmente por triglicerídeos e alguns ácidos graxos livres. Aproximadamente 83 % desses ácidos são saturados, com destaque para o ácido láurico, que representa cerca de 40 %, seguido do ácido mirístico com 20 % e do ácido palmítico com 12 %. Além disso, há uma porção de 17 % de ácidos insaturados, sendo o ácido oléico o mais expressivo entre eles, com aproximadamente 14 % (Wilhelms, 1964; Machado; Chaves; Antoniassi, 2006).

A colheita do fruto ocorre de maneira extrativista realizada pelas comunidades locais. O indicativo de maturação ideal inicia-se quando os frutos caem do cacho. Neste momento, começa a colheita que poderá ser realizada cortando-se o cacho e retirando os frutos presos à ráquila ou pela colheita do fruto que cai do cacho no solo. Estes são transportados até as comunidades rurais no lombo de animais em sacos de tecido ou cestos feitos da palha do próprio babaçu ou de outras palmeiras como a carnaúba (Carraza; Ávila; Silva, 2012). Atualmente, existem pesquisas que propõe a colheita e o transporte mecanizados, objetivando reduzir o tempo de deslocamento e aumentar a produtividade nos sítios de beneficiamento (Albiero *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, a extração das partes aproveitáveis do babaçu é realizada pelas “quebradeiras do babaçu” (nome dado às mulheres que quebram o fruto). O epicarpo é retirado com o auxílio de uma faca e pode ser utilizado na fabricação de telhados, vassouras, como matéria-prima em fornos e secadores industriais (Vivacqua Filho, 1968). Existem estudos que relatam a viabilidade do epicarpo do

babaçu na produção de chapas de madeira aglomerada em combinação com partículas de *Pinus elliottii* com diferentes níveis de resina (Lima *et al.*, 2006).

Para a extração do mesocarpo as “quebradeiras do babaçu” golpeiam a massa com um pedaço de pau removendo o mesocarpo com facilidade (Figura 3). Posteriormente, os pedaços do mesocarpo são secos ao sol por um período de aproximadamente quatro horas. A massa é processada em moinhos, produzindo a farinha. Para padronização da granulometria a farinha é peneirada em peneiras com 0,45 mm de diâmetro (Figura 4). Na produção de 1 kg de farinha são necessários 3 kg de mesocarpo.

Figura 3. Quebra do coco para retirada do mesocarpo



Fonte: Autora (2015).

Legenda: “Quebradeiras do babaçu” golpeando o fruto com um pedaço de pau pra remover a massa do mesocarpo.

Figura 4. Produção da farinha do babaçu



Fonte: Autora (2015).

A farinha do mesocarpo é utilizada *in natura* ou como ingrediente base em preparações culinárias como parte da composição do produto ou como substituto da farinha de trigo em pães (Rodrigues; Fabrício, 2016; Couri; Giada, 2016), massas (Neto *et al.*, 2016), e barra de cereais (Pinedo *et al.*, 2013). O mesocarpo também é utilizado como fonte de biomassa energética (Teixeira, 2002) e na indústria cosmética (Porro, 2005; Soler; Vitali; Muto, 2007).

Para separar o endocarpo da amêndoa do babaçu, é necessário o uso de um machado. Ele pode ser fixo na terra, como na Figura 5, ou utilizado como uma ferramenta aérea, dependendo da preferência ou da disponibilidade. (EMBRAPA, 1984). Uma vez separados, o endocarpo pode ser utilizado na produção de xaxim, estofados de bancos de carros, vasos, placas, embalagens em substituição ao isopor, queima em fornos caseiros e comerciais (residências, padarias, pizzarias, etc.) e adubo orgânico (Ferreira, 2005).

Figura 5. O machado utilizado na separação do endocarpo da amêndoa do babaçu



Fonte: Autora (2025).

Quanto às amêndoas, elas passam por uma secagem em estufa e depois são prensadas em um equipamento extrator, resultando em óleo vegetal e uma torta fina. O óleo é armazenado em tonéis de polipropileno, onde ocorre a separação de impurezas por decantação. Após essa etapa, o sobrenadante é retirado, filtrado e, por fim, envasado em garrafas para uso ou comercialização.

O óleo é utilizado na culinária na produção de azeite e preparação de refeições na produção de sabão (Beltrão; Oliveira, 2007) e cosméticos (Clement; Lleras Pérez; Van Leeuwen, 2005) e a torta é aproveitada como adubo orgânico

para solos de plantio e também na produção de ração para animais (Santos Neta *et al.*, 2011).

Da amêndoa do coco, extrai-se também, o “leite de babaçu”. O “leite de babaçu” não é um produto industrialmente comercializado, como o leite de coco da Bahia (*Cocos nucifera*), também, não apresenta legislação específica, porém, é uma opção alimentar nutritiva que vem ganhando espaço na gastronomia nacional, apesar de já ser utilizado tradicionalmente nas preparações culinárias das comunidades regionais (Carneiro *et al.*, 2014).

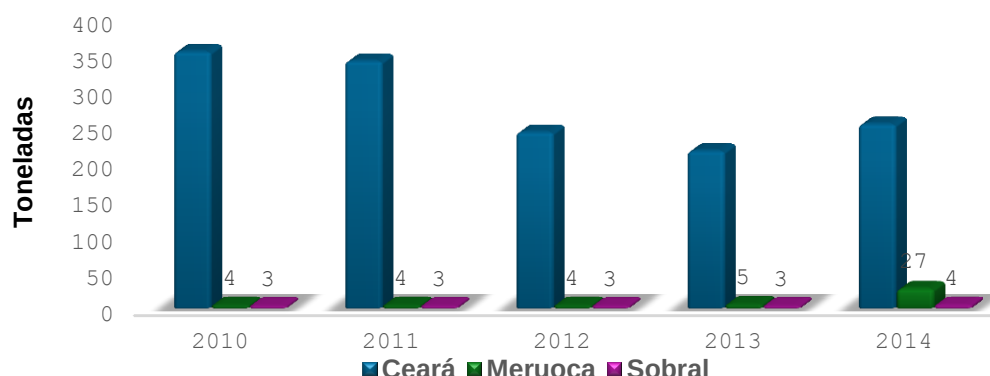
Dos frutos íntegros, não beneficiados, que seriam descartados porque apresentam defeitos de qualidade, é produzido carvão mineral. Esta matéria-prima é utilizada pelas comunidades e por algumas indústrias no sul do país, para atender as demandas de combustíveis (May; Veiga; Cheves, 2000). Existem ainda, estudos que avaliam a potencialidade dos frutos do babaçu na produção de biocombustíveis em substituição aos combustíveis fósseis (Beltrão; Oliveira, 2007; Protásio *et al.*, 2014).

2.4 Aspectos econômicos

A área estimada para exploração da palmeira *A. speciosa* é de 13 a 18 milhões de hectares, destacando a importância desta espécie pela representativa potencialidade extrativista, gerando renda para as comunidades locais e inserção social através da utilização das partes aproveitáveis (Carraza; Ávila; Silva, 2012).

No Brasil, em 2015 foi produzida da extração do fruto 77.955 mil toneladas de amêndoas. Deste total, 185 t da produção nacional são provenientes do estado do Ceará e, aproximadamente, 10 % concentram-se nos municípios de Meruoca e Sobral, onde ocupam o 3º lugar no ranking do estado (Figura 6) (IBGE, 2015). Dados precisos da quantidade comercializada na Serra da Meruoca no ano de 2014, segundo os moradores da comunidade, estão em cerca de 50.000 kg/ano de amêndoas e, 20.000 kg/ano da massa (mesocarpo), o que equivale a aproximadamente 19 % da quantidade de amêndoa produzida no estado do Ceará.

Figura 6. Quantidade em toneladas de amêndoas extraídas do babaçu no estado do Ceará e nos municípios de Meruoca e Sobral entre os anos de 2010 - 2014



Fonte: IBGE/SIDRA, 2015.

Entre os anos 2010 e 2015 houve um declínio na extração anual das amêndoas, resultado da escassez de chuvas que se estendeu por quatro anos consecutivos no estado do Ceará (FUNCEME, 2016) (Tabela 1). Entretanto, nos municípios de Meruoca e Sobral a produção expandiu-se consideravelmente. Estes dados são explicados pelo aumento nos investimentos governamentais com repasse de renda através dos programas sociais como o Bolsa Família e, pelo auxílio técnico-científico fornecido por Organizações Não Governamentais (INPE, 2015).

Tabela 1. Variação do índice pluviométrico nos municípios de Meruoca e Sobral entre os anos de 2010 e 2015

	Ceará			Meruoca			Sobral		
Ano	Normal (mm)	Observado (mm)	Variação (%)	Normal (mm)	Observado (mm)	Variação (%)	Normal (mm)	Observado (mm)	Variação (%)
2010	800,6	542,5	-32,2	1409,5	884,1	-37,3	754,6	414,2	-45,1
2011	800,6	1034,5	29,2	1409,5	1516,1	7,6	754,6	949,6	25,9
2012	800,6	388,8	-51,4	1409,5	619,7	-56	754,6	156,3	-79,3
2013	800,6	551,2	-31,2	1409,5	1216,7	-13,7	754,6	415,8	-44,9
2014	800,6	565,5	-29,4	1393,9	823	-41	734,7	444,1	-39,6
2015	800,6	532,7	-33,5	1393,9	1110	-20,4	734,7	285,1	-61,2

Fonte: FUNCEME, 2016.

A assessoria técnica melhorou a distribuição das famílias nas atividades de colheita e beneficiamento, tornando a produção mais eficiente. Outro aspecto importante foi a captação de recursos para a compra de equipamentos, otimizando a produção da farinha e do óleo.

No ano de 2015 a massa do babaçu foi comercializada por um preço mínimo de R\$ 1,46, com subsídio de R\$ 0,46 do governo federal, fornecido pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, que executa a Política de Garantia de Preço Mínimo (PGPM) e compra a produção dos Agricultores pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) (BRASIL, 2016). Um saco de farinha pesando 500 g e 1L de óleo do coco babaçu é comercializado por um valor de R\$ 10,00.

2.5 Uso tradicional e registros etnobotânicos

Nos últimos anos, a ciência tem buscado validar e compreender os efeitos farmacológicos de plantas utilizadas tradicionalmente, incluindo o babaçu. O isolamento e a identificação de compostos presentes em plantas com atividade antimicrobiana têm atraído a atenção da comunidade científica, principalmente devido à perda do conhecimento sobre medicamentos tradicionais decorrente da urbanização e da extinção de espécies vegetais (Gonçalves *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o babaçu apresenta potencial como alternativa terapêutica natural, podendo ser utilizado isoladamente ou em combinação com antimicrobianos tradicionais para tratar infecções causadas por microrganismos patogênicos (Upadhyay *et al.*, 2014). Diversos estudos têm demonstrado que diferentes partes do fruto possuem propriedades farmacológicas distintas, incluindo atividades antimicrobianas, imunomodulatórias, cicatrizantes, anti-inflamatórias, antioxidantes e antitumorais (Souza *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2011; Amorim *et al.*, 2006; Nascimento *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2006).

O mesocarpo, por exemplo, apresenta efeito antimicrobiano e imunomodulatório em modelos experimentais. Um estudo avaliou o extrato aquoso do mesocarpo em modelo de sepse por *S. aureus* resistente à metilicina (MRSA), observando aumento da sobrevivência de camundongos, redução da carga microbiana em sangue e peritônio, diminuição das citocinas pró-inflamatórias IL-6, TNF- α e IL-17, além de aumento de IL-10, IFN- γ e ativação de macrófagos e neutrófilos (Souza *et al.*, 2011). Outro estudo mais recente reforçou o potencial antimicrobiano e imunológico do mesocarpo, demonstrando redução da mortalidade induzida por MRSA (Barroqueiro *et al.*, 2024).

O óleo do babaçu também apresenta propriedades farmacológicas significativas. Estudos *in vitro* e *in vivo* sobre cicatrização e atividade anti-inflamatória indicam que o óleo aumenta a migração de fibroblastos, modula a produção de óxido nítrico (NO), INF- γ e IL-6, acelera a cicatrização por meio do aumento de fibroblastos, vascularização e deposição de colágeno, além de reduzir edema e a atividade da mieloperoxidase em modelo de edema auricular crônico (Santos *et al.*, 2020). Além disso, o óleo comestível apresenta estabilidade oxidativa satisfatória e perfil elementar adequado, com potencial antioxidante relevante, conforme demonstrado em estudos que avaliaram suas propriedades físico-químicas e nutricionais (Melo *et al.*, 2019).

De modo complementar, o mesocarpo extraído por métodos assistidos por ultrassom apresentou elevado teor de compostos fenólicos (TPC~5.124 mg GAE/100 g) e flavonoides (~477 mg QE/100 g), capacidade antioxidante elevada (FRAP~4.037 μ mol TEAC/100 g) e atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli* e *Salmonella enteritidis*, indicando que a fração do mesocarpo concentra bioativos de interesse farmacológico e nutracêutico (Lima *et al.*, 2023). Outros estudos têm investigado extratos de folhas de babaçu, cuja composição química inclui taninos, flavonoides e ácidos graxos; embora a atividade antimicrobiana tenha sido modesta em concentrações de 25 a 100 mg/ml, os resultados sugerem potencial como fonte de compostos bioativos com atividade antimicrobiana (De Oliveira *et al.*, 2016).

Tais efeitos farmacológicos corroboram as aplicações tradicionais relatadas pela população local, reforçando a relevância do babaçu como recurso terapêutico natural. Pesquisas comparativas entre as diferentes partes do fruto — amêndoa, endocarpo e mesocarpo — indicam que os extratos do mesocarpo e do óleo são os que mais se destacam em termos de atividade biológica, especialmente na prevenção e tratamento de infecções, processos inflamatórios e na promoção da cicatrização (Bieski *et al.*, 2015).

Portanto, tanto os registros etnobotânicos quanto os estudos científicos recentes apontam que o babaçu possui potencial farmacológico significativo. Esses achados reforçam a relevância dessa espécie como fonte promissora de compostos com diversas aplicações terapêuticas. Dessa forma, justifica-se o interesse contínuo em sua investigação científica, bem como no desenvolvimento de novos produtos e na preservação do babaçu como um importante recurso medicinal natural.

2.6 Microbiota oral e importância das bactérias *Streptococcus*

A cavidade oral abriga uma comunidade microbiana complexa e altamente dinâmica, composta por centenas de espécies que coexistem em equilíbrio e contribuem para a manutenção da saúde bucal (Dewhirst *et al.*, 2010; Verma; Garg; Dubey *et al.*, 2018). Essa microbiota forma biofilmes aderidos às superfícies dentárias e mucosas, cuja estabilidade depende de interações ecológicas entre espécies comensais e patogênicas (Marsh, 2003; Kolenbrander *et al.*, 2010). Quando ocorre desequilíbrio, conhecido como disbiose, surgem condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças como cárie, gengivite e faringite (Hajishengallis; Lamont, 2012; Lamont; Koo; Hajishengallis, 2018).

Quando esses microrganismos não são eliminados completamente, ocorre a formação de biofilmes, agregados bacterianos envoltos por uma matriz de exopolissacarídeos que podem estar aderidos a superfícies inertes ou bióticas. Essa matriz atua como uma estrutura protetora que favorece a coesão das células microbianas e aumenta sua capacidade de sobreviver em ambientes hostis. Além disso, o desenvolvimento do biofilme promove uma organização comunitária que facilita a comunicação intercelular e a cooperação metabólica entre as bactérias (Branda *et al.*, 2005).

A adesão de bactérias planctônicas ao epitélio da mucosa e a colonização inicial transitória promovem uma resposta imune do hospedeiro mediada por neutrófilos e macrófagos, além da liberação de peptídeos antimicrobianos e metabólitos tóxicos produzidos por outras bactérias, o que resulta na depleção de grande número de células bacterianas (Nobbs; Jenkinson; Everett, 2015).

Estruturalmente, o biofilme é organizado em pilares interconectados por canais que permitem a difusão de nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento (Ciofu *et al.*, 2022). As bactérias presentes nessa estrutura sofrem alterações metabólicas e fenotípicas que conferem maior resistência aos agentes antimicrobianos, além de possibilitar o desprendimento de microrganismos que podem colonizar novos locais (Arciola *et al.*, 2012).

Entre os microrganismos mais relevantes da microbiota oral destacam-se as espécies do gênero *Streptococcus*, que desempenham papel essencial tanto na colonização inicial das superfícies orais quanto na patogênese de diversas

infecções. Dentre esses microorganismos, o *S. mutans* é reconhecido como o principal agente etiológico da cárie dentária em humanos, e seus fatores de virulência, como a composição da superfície celular (sorotipo) e a produção de bacteriocinas, conhecidas como mutacinas, têm sido amplamente investigados em relação à sua cariogenicidade (Kamiya; Taiete; Gonçalves, 2011).

Sua capacidade de adesão está diretamente relacionada ao seu fator de virulência, por isso, constitui um dos principais alvos de estudos que buscam prevenir a formação de lesões de cárie, seja por métodos mecânicos, como a escovação, ou químicos, com o uso de agentes antimicrobianos (Sawhney; Berry, 2009).

Essa espécie apresenta elevada capacidade de adesão à superfície dentária, produção de polissacarídeos extracelulares mediada por glucosiltransferases e tolerância a ambientes ácidos, o que a torna altamente cariogênica. Sua virulência está associada à formação de biofilme e à acidificação local, processos que favorecem a desmineralização do esmalte dentário (Krzyściak et al., 2014; Zhang et al., 2021).

Por outro lado, espécies como *S. oralis* e *S. salivarius* são consideradas colonizadores comensais e exercem funções protetoras na microbiota oral. *S. oralis* atua como um dos primeiros colonizadores das superfícies dentárias, desempenhando papel importante na manutenção da homeostase do biofilme oral. Em modelos experimentais, a ausência de *S. oralis* está associada a um aumento na colonização por *S. mutans* e à perda do equilíbrio microbiano, o que sugere que *S. oralis* antagoniza *S. mutans* e ajuda a prevenir estados disbióticos que favorecem a cárie (Thurnheer; Belibasakis, 2018).

Já *S. salivarius*, mais frequentemente encontrado na língua e nas mucosas, é considerado um microrganismo benéfico (pró saúde), pois produz bacteriocinas que podem inibir o crescimento de patógenos orais e faringeanos. Estudos mostram que cepas como *S. salivarius* K12 são capazes de modular o biofilme e reduzir a proporção de *S. mutans* em biofilmes multipatogênicos, contribuindo para o equilíbrio da microbiota bucal (Macdonald et al., 2021).

Em contraste, *S. pyogenes* é uma espécie patogênica associada principalmente à faringite estreptocócica e a outras infecções do trato respiratório superior, como amigdalite e escarlatina. Embora não esteja diretamente envolvido na cárie, seu papel na microbiota oral está relacionado à colonização transitória da

orofaringe e ao risco de disseminação para tecidos adjacentes (Gogos; Federie, 2020).

Portanto, a formação de biofilmes é um fator determinante na patogênese das infecções orais, pois essas comunidades estruturadas aumentam a resistência bacteriana e favorecem a persistência dos microrganismos nos tecidos bucais (Flemming; Wingender, 2010). Esse processo envolve a adesão inicial das bactérias às superfícies dentárias, seguida da produção de uma matriz extracelular composta por polissacarídeos, proteínas e DNA extracelular, elementos essenciais para a coesão e organização do biofilme (Jakubovics; Kolenbrander, 2010).

Os biofilmes conferem proteção significativa aos microrganismos contra agentes antimicrobianos e diferentes tipos de estresses ambientais. A matriz extracelular funciona como uma barreira física que limita a penetração de fármacos e impede a ação eficiente de componentes do sistema imune, como anticorpos e espécies reativas de oxigênio. Além disso, a estrutura heterogênea do biofilme favorece a formação de microambientes com baixa taxa metabólica, contribuindo para o surgimento de subpopulações tolerantes e persistentes. Esses fatores explicam por que *S. mutans* e outras bactérias orais apresentam maior resistência quando em modo de crescimento aderido, em comparação com células planctônicas (Hall-Stoodley; Costerton; Stoodley, 2004; Høiby *et al.*, 2010; Bjarnsholt, 2013).

Em *S. mutans*, a síntese de glucanas por glucosiltransferases contribui para essa coesão e favorece a retenção de ácidos junto ao esmalte dentário, promovendo a desmineralização (Wen *et al.*, 2010). Além disso, interações com outras espécies microbianas podem modular a expressão gênica de virulência, afetando a formação do biofilme e seu potencial patogênico (Rather; Gupta; Mandal, 2021).

Em síntese, as espécies do gênero *Streptococcus* exercem papel central na microbiota oral, participando tanto da manutenção da saúde quanto da gênese de doenças. *S. mutans* representa o principal patógeno cariogênico, enquanto *S. oralis* e *S. salivarius* contribuem para o equilíbrio microbiano, e *S. pyogenes* está relacionado a infecções faringianas.

A formação de biofilmes constitui um mecanismo essencial de sobrevivência e resistência bacteriana, tornando a abordagem terapêutica mais complexa. Assim, a busca por compostos naturais capazes de modular o biofilme oral e inibir a virulência

bacteriana representa uma estratégia promissora para o controle de infecções associadas à microbiota oral.

2.7 Potencial de óleos e extratos vegetais sobre bactérias orais

Diversos estudos têm investigado o potencial de óleos essenciais e extratos vegetais como agentes antimicrobianos e antibiofilme contra bactérias orais patogênicas, especialmente espécies do gênero *Streptococcus*. Por exemplo, Chaudhari et al (2012) avaliaram nove óleos essenciais comerciais contra *S. mutans* *in vitro*, usando ensaio de difusão em ágar, e observaram que o óleo de canela apresentou a maior zona de inibição, seguido por capim-limão e cedro. Essa linha de evidência sugere que esses óleos podem ter atividade antibacteriana significativa contra *S. mutans*.

Além disso, uma revisão sistemática recente analisou estudos sobre extratos vegetais, óleos essenciais e compostos fitoquímicos com capacidade de inibir a formação de biofilme por *S. mutans*. De acordo com os autores, muitos desses componentes vegetais reduzem a adesão de *S. mutans* e inibem a síntese da matriz de exopolissacarídeos que é fundamental para a formação do biofilme (Atazhanova et al., 2024).

Em um estudo específico, os óleos essenciais extraídos de raízes frescas e secas de *Salvadora persica* demonstraram forte atividade bactericida e antibiofilme contra *S. mutans*, apresentando valores de IC₅₀ entre 10 e 11 µg/ml, comparáveis ao digluconato de CLX. Além disso, os autores verificaram modulação da expressão gênica de fatores de virulência importantes de *S. mutans*, incluindo *gtfB*, *AtlE*, *ymcA* e *sodA*, os quais estão associados à formação de biofilme, autólise e resposta ao estresse oxidativo (Khan; Alkhathlan; Khan, 2020).

Em paralelo, há evidências de que ácidos graxos exercem atividade antibacteriana contra microrganismos orais. Por exemplo, um trabalho clássico examinou ácidos graxos saturados e insaturados contra *Streptococcus sobrinus*, verificando que os ácidos cis-hexadecenoico e cis-octadecenoico foram inibitórios, ainda que sem uma correlação clara entre a posição da dupla ligação e a CIM (Shapiro, 1996).

Em um estudo mais recente, pesquisadores isolaram ácido láurico do extrato de *Ocimum americanum* e mostraram que essa substância é inibidora da enzima MurA (envolvida na biossíntese da parede celular) em estudos *in silico*, além de exibir atividade *in vitro* contra *S. mutans* e *Streptococcus sanguinis*, com MIC de cerca de 1.250 ppm para *S. mutans* e 78,13 ppm para *S. sanguinis* (Herdiyati *et al.*, 2020).

Esses achados são relevantes para óleos vegetais como o de babaçu (*Orbignya speciosa*), cuja fração lipídica é rica em ácidos graxos (especialmente láurico) (Machado *et al.*, 2019). Embora não haja estudos recentes testando diretamente esse óleo contra *S. mutans*, a presença desses lipídios com ação antimicrobiana torna plausível sua aplicação para inibir microrganismos orais, seja por efeito direto ou pela modulação do biofilme.

Ademais, a formulação de produtos que combinam extratos vegetais ou óleos essenciais com atividade antibiofilme, como enxaguantes bucais à base de plantas tem sido testada com sucesso *in vitro*. Por exemplo, um estudo desenvolveu uma formulação de enxaguante contendo óleos essenciais de manjerição-sagrado, chá-da-montanha e extratos de São-João e vara-dourada, e avaliou sua eficácia contra biofilme de *S. mutans* já formado, constatando que, mesmo para biofilmes maduros de 48 horas, foi necessária concentração duas vezes a MIC para inibição completa (Dimou *et al.*, 2021).

Em resumo, o referencial teórico indica que extratos vegetais e óleos essenciais podem controlar bactérias orais cariogênicas e inibir biofilmes, por meio de compostos como terpenos (em óleos de canela e tomilho) e lipídios (ácidos graxos, triacilgliceróis). No caso do óleo de babaçu, sua composição lipídica sugere potencial para inibir crescimento bacteriano e interferir na formação de biofilme, justificando estudos futuros que avaliem especificamente seu efeito sobre *Streptococcus* orais e mecanismos como adesão e produção de glucanas.

2.8 Perspectivas para o uso de extratos do babaçu na odontologia

Os extratos do mesocarpo e o óleo de *A. speciosa* apresentam composição rica em ácidos graxos de cadeia média, como o láurico e o mirístico, além de triacilgliceróis, conferindo-lhes estabilidade lipídica, potencial antimicrobiano e

propriedades anti-inflamatórias (Costa *et al.*, 2023). Essas características tornam os extratos e óleos de babaçu promissores para aplicações odontológicas, tais como enxaguatórios bucais, pastas dentais, géis e soluções antissépticas.

Em pastas dentais, a incorporação desses extratos poderia complementar a atividade antimicrobiana de agentes tradicionais (por exemplo, flúor), além de proporcionar melhor tolerância pelas mucosas gengivais. Géis ou soluções antissépticas baseados em babaçu poderiam servir como adjuvantes em tratamentos de gengivite, mucosite ou limpeza profissional, explorando tanto a ação microbiana quanto as propriedades cicatrizantes e anti-inflamatórias observadas em estudos *in vitro* e *in vivo*. Esses efeitos terapêuticos podem ser potencializados pelos mecanismos biológicos específicos do babaçu, que vão além da simples ação antimicrobiana.

De fato, a microemulsão de óleo de babaçu demonstrou capacidade de aumentar a atividade fagocítica e microbicida de fagócitos, sugerindo um efeito imunomodulatório que poderia beneficiar formulações odontológicas (Ribeiro *et al.*, 2015). Paralelamente, o extrato do mesocarpo mostrou efeito antimicrobiano e imune em modelos de sepse experimental, reforçando seu potencial em contextos infecciosos (Barroqueiro *et al.*, 2016). Esses achados indicam que derivados do babaçu podem não apenas inibir microrganismos, mas também modular a resposta imune local, reduzindo o risco de infecção oral e sistêmica.

Para caracterizar substâncias com atividade antimicrobiana *in vivo*, utilizam-se técnicas como a CIM e a CBM *in vitro*, que avaliam o efeito sobre bactérias planctônicas em fase exponencial e permitem prever a eficácia em infecções agudas (Fux *et al.*, 2005). Esses testes são essenciais para quantificar a ação de extratos vegetais ou óleos e comparar com agente padrão, facilitando a padronização de formulações odontológicas.

Um dos agentes químicos consagrados no controle de microrganismos orais é a CLX, um detergente catiônico da classe das bisbiguanidas, frequentemente usado como digluconato em produtos odontológicos. Devido à sua carga positiva, a CLX se adsorve na superfície negativa das células bacterianas por interações eletrostáticas (e possivelmente ligações hidrofóbicas ou de hidrogênio), sendo a eficácia dependente da concentração (Zanatta; Rösing, 2007).

Apesar das perspectivas promissoras, há desafios significativos antes da aplicação clínica dos extratos e óleos de babaçu. Estudos de toxicidade e segurança

para uso oral ainda são escassos; a retenção bucal, o uso prolongado e o risco de ingestão acidental precisam ser avaliados. A padronização (controle de acidez, perfil de ácidos graxos, pureza) e a estabilidade (compatibilidade com saliva e pH oral) das formulações são críticas. Embora o óleo de babaçu apresente boa estabilidade oxidativa em estudos alimentares, sua aplicação em fórmulas bucais exige validação adicional (Melo *et al.*, 2019).

A regulamentação é outro ponto essencial: para usar os extratos de babaçu como ingrediente ativo em produtos odontológicos, é necessária aprovação por órgãos regulatórios, sustentada por evidências robustas de segurança e eficácia. Ensaio clínicos randomizados em humanos são cruciais para validar os efeitos observados *in vitro* e *in vivo*, como comparar um enxaguante contendo extrato de babaçu com padrões de referência na prevenção de cárie, gengivite ou mucosite. Em suma, extratos e óleos de babaçu combinam estabilidade, perfil lipídico favorável e atividade antimicrobiana e anti-inflamatória, justificando seu estudo no desenvolvimento de formulações odontológicas específicas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades antimicrobianas dos extratos e frações do mesocarpo do babaçu contra microrganismos de relevância clínica.

3.2 Objetivo específicos

- Triagem do(s) extrato(s) e/ou fração (ões) que apresentam melhor efeito antimicrobiano sobre os microrganismos selecionados;
- Avaliar o potencial antibiofilme das amostras selecionadas sobre bactérias orais;
- Analisar o perfil químico do(s) extrato(s) e/ou fração (ões) com ação antimicrobiana por meio de técnicas cromatográficas;

4 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa foi apresentado inicialmente ao representante legal da Associação Comunitária Produtiva de Terra Nova localizada no município de Massapê-CE. Posteriormente, foi realizada uma reunião com os demais moradores a fim de apresentar o projeto para aqueles que compareceram. Nessa ocasião, obteve-se o consentimento à realização da pesquisa. A coleta das amostras e processamento da farinha foi realizada depois que o líder comunitário autorizou o início das atividades. A pesquisa encontra-se cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o número do cadastro **A2F57D6**, como preconiza a Lei da Biodiversidade, nº 13.123 de 20 de maio 2015 (BRASIL, 2015).

5 MATERIAL E MÉTODO

5.1 Aquisição das amostras

As amostras do mesocarpo do babaçu foram coletadas na Serra da Meruoca, localizada no interior do Ceará, a uma distância de 251 km da capital Fortaleza, latitude- 3°34'9.531" – Sul, longitude – Oeste, 40°22'3.829" e altitude 756,7 m. Os exemplares do babaçu e partes da palmeira foram colhidos aleatoriamente em um raio de 15 m dessa localização, entre os meses de novembro, dezembro e janeiro de 2015 e 2016. As amostras foram identificadas no herbário da Universidade Vale do Acaraú – UVA, como *A. speciosa* Mart. ex Spreng e receberam o número de tombo: 20785.

O processamento do fruto foi realizado na Associação Comunitária Produtiva de Terra Nova, município de Massapê-CE, reproduzindo as condições de uso e comercialização das comunidades locais. A colheita iniciou após os frutos desprenderem-se do cacho. O epicarpo foi retirado através de uma faca e, com o auxílio de um pedaço de pau, golpeando o fruto sobre uma pedra, o mesocarpo foi removido. Posteriormente, foi seco ao sol por um período de 4 h, obtendo-se uma massa branco-amarronzada.

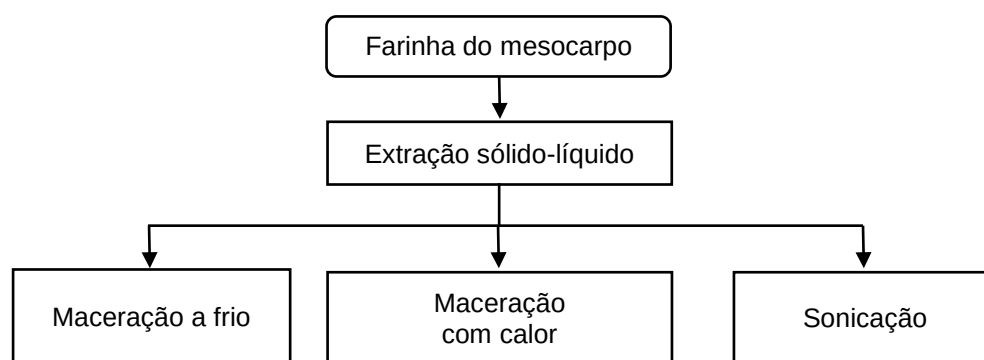
Para aquisição da farinha do mesocarpo, a massa passou por processamento em moinho de facas e peneira de 0,45 mm de diâmetro. A farinha do babaçu foi separada em três lotes de acordo com o mês coletado. As amostras foram estocadas em Ultra Freezer a -80 °C até o início das análises no Núcleo de Biotecnologia de Sobral (NUBIS/Biofilmes) na Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará, Campus Sobral. As análises foram iniciadas misturando *pools* de lotes para evitar variações sazonais que poderiam interferir na concentração dos compostos analisados.

5.2 Extração do material vegetal

O extrato vegetal (EV) foi preparado adicionando 70,0 g da farinha do mesocarpo em frasco âmbar contendo um litro de solvente extrator etanólico, hexânico, acetato de etila e butanólico (1:15 g/ml). Para otimizar o processo extrativo

foram aplicados testes preliminares utilizando técnicas de maceração em tempos e temperaturas diferentes, conforme descrito da Farmacopéia Brasileira (Figura 7) (BRASIL, 2010). O objetivo foi detectar o produto extraído com o melhor rendimento e ação antimicrobiana, considerando a média de 3 repetições de todos os solventes testados.

Figura 7. Fluxograma esquemático da extração sólido-líquido



Fonte: Autora (2025)

5.2.1 Maceração a frio

O EV permaneceu por um período de sete dias consecutivos em temperatura ambiente e agitação esporádica;

5.2.2 Maceração com calor

O EV esteve em temperatura controlada de 35 °C, 12h/dia, durante três dias seguidos, empregando-se agitação esporádica.

5.2.3 Sonicação

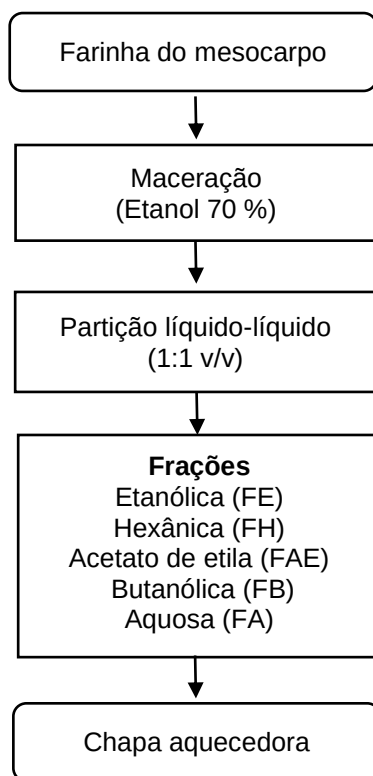
O frasco com o EV foi acondicionado em banho de ultrassom por 60 minutos em duas séries de repetições e temperatura controlada de 35 °C.

5.3 Preparo do material vegetal

Posteriormente, os extratos foram filtrados e concentrados em evaporador rotativo e o solvente residual foi evaporado em placa de petri com o auxílio da chapa aquecedora, ambos a uma temperatura de 35 °C. O produto seco foi raspado da placa utilizando uma espátula, resultando em uma massa seca, amarela, oleosa com textura farinácea. A massa total foi aferida e, para avaliar o teor extrativo total foi aplicada a seguinte fórmula: massa do extrato (g) x 100/massa do material vegetal seco (g).

O extrato bruto etanólico foi fracionado por partição líquido-líquido com os solventes: etanol/hexano (1:1 v/v), acetato de etila/etanol (1:1 v/v) e n-butanol/etanol (1:1 v/v). As frações etanólica (FE), hexânica (FH), acetato de etila (FAE), butanólica (FB) e aquosa (FA) foram concentradas em chapa aquecedora a 35°C (Figura 8).

Figura 8. Fluxograma esquemático da partição líquido-líquido



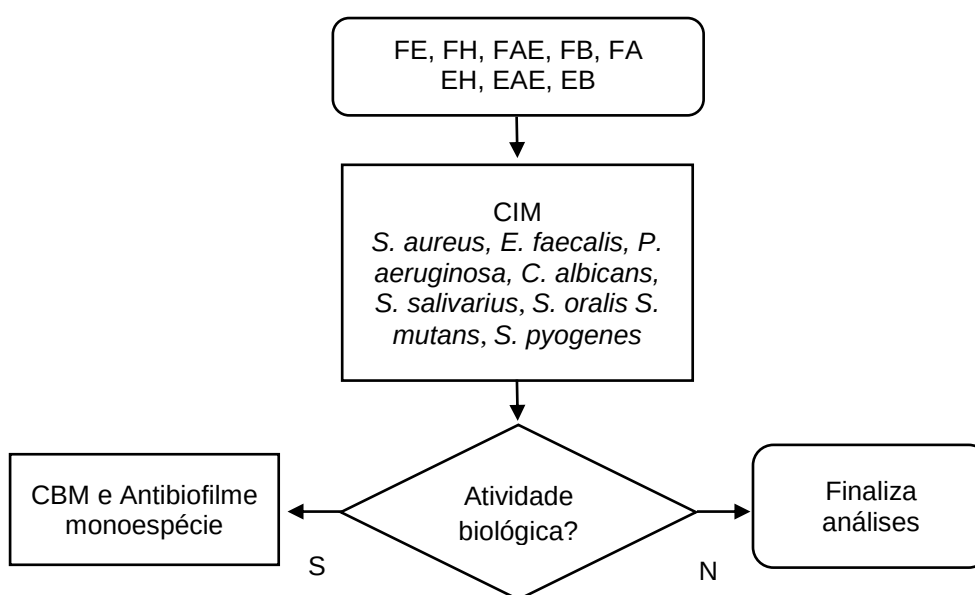
Fonte: Autora (2025)

Os testes preliminares da atividade antimicrobiana foram realizados utilizando as frações obtidas e os extratos hexânico (EH), extrato acetato de etila (EAE) e extrato butanólico (EB). Os microrganismos empregados neste estudo foram *S. aureus* ATCC 25923, *E. faecalis* ATCC 29212, *P. aeruginosa* ATCC 10145, *C.*

albicans ATCC 90028, *S. salivarius* ATCC 7073, *S. oralis* ATCC 10517, *S. mutans* ATCC 25175 e *S. pyogenes* ATCC 19615, disponibilizados pela Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Rio de Janeiro - Brasil.

Para os microrganismos que apresentaram CIM superior a 500,0 µg/ml os testes foram finalizados. Os demais seguiram para avaliação da CBM e antibiofilme (Figura 9).

Figura 9. Fluxograma esquemático das análises da atividade antimicrobiana



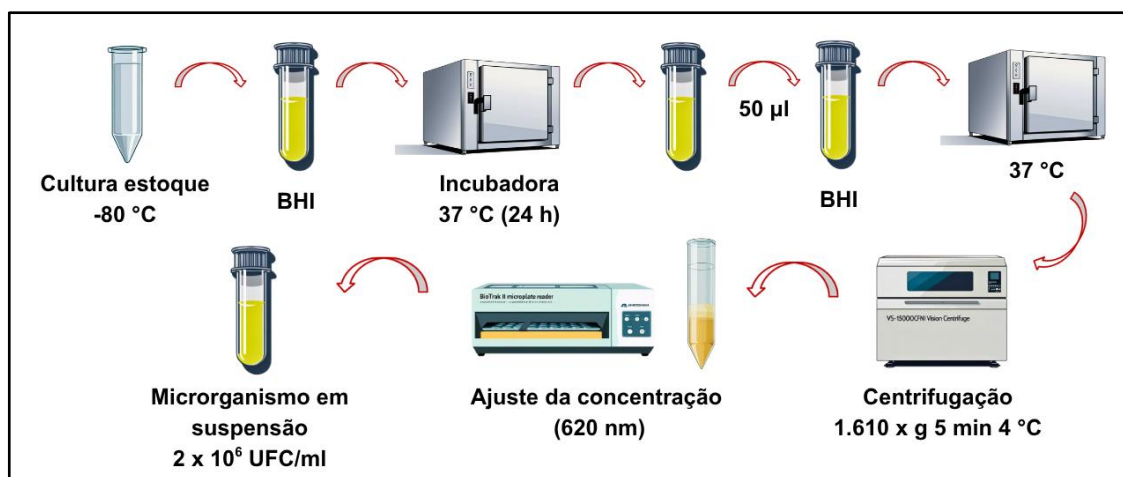
Fonte: Autora (2025)

5.4 Condições de crescimento

Uma cultura estoque de cada microrganismo foi mantida conservada em meio líquido (20 % de glicerol) a -80 °C. Para a ativação das cepas, uma alíquota de 50 µl foi inoculada em 5 ml de meio BHI estéril e incubada a 37 °C por 24 h, em condições de aerobiose ou anaerobiose. Em seguida, a cultura foi renovada nas mesmas condições de crescimento, por um período de tempo relativo à fase exponencial de cada microrganismo. As células microbianas foram centrifugadas a 1610 x g por 5 min a uma temperatura de 4 °C (VS-15000 CFNII, VISION) e, ressuspensas em 5 ml de meio BHI para a determinação da CIM. A densidade óptica (DO) foi verificada com o auxílio de um espectrofotômetro (BioTrak II, Amersham Biosciences) a 620

nm, e a concentração da solução microbiana foi ajustada para 2×10^6 UFC/ml (Figura 10).

Figura 10. Representação esquemática da ativação das cepas



Fonte: Autora (2025)

5.5 Determinação da CIM

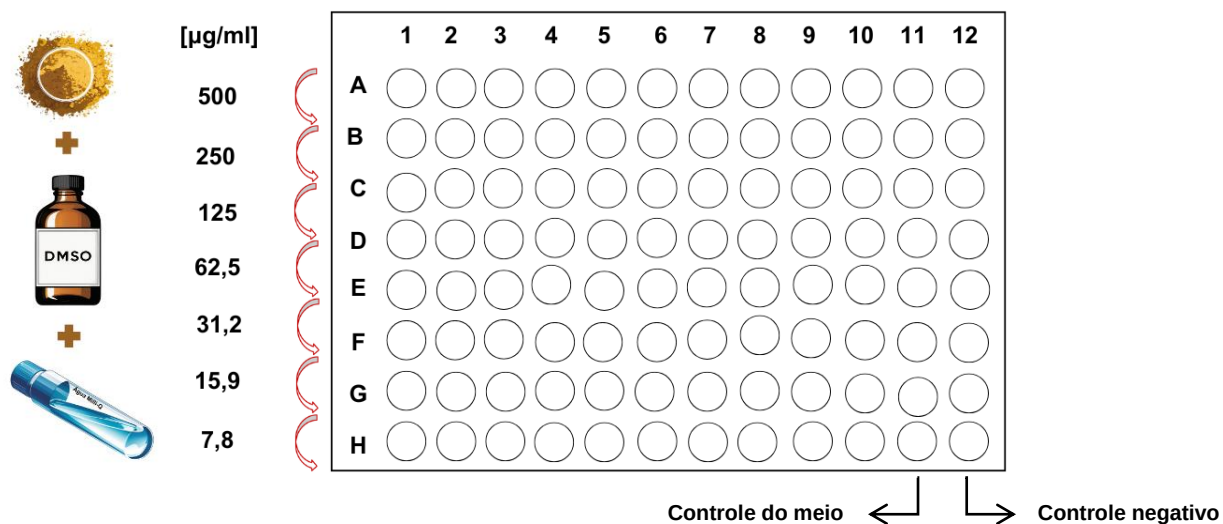
Após ativação e renovação do cultivo dos microrganismos uma alíquota de 5 mg do extrato seco foi diluído em 200 µl de Dimetilsulfóxido (DMSO) e 4,8 ml de água Milli-Q. A substância foi diluída seriadamente em placas de poliestireno de 96 poços de “fundo chato” estéril (CLSI, 2012). Inicialmente, 200 µl foram adicionados aos poços da linha A (coluna 1 a 10), 100 µl do meio específico ao microrganismo aos poços das linhas B – H (coluna 1 a 10), 100 µl da substância foram retirados dos poços da linha A e realizados a diluição seriada para obter as concentrações variando entre 500 µg/ml a 7,8 µg/ml, respectivamente (Figura 11).

A coluna 11 representa o controle de turbidez e contaminação, onde foi adicionado apenas meio específico e substância teste, enquanto a coluna 12 representou o controle negativo, ou seja, crescimento microbiano na ausência da substância. Após montagem da placa, 100 µl dos microrganismos foram adicionados, resultando em um volume de 200 µl por poço. A placa foi incubada a 37°C por 24 h em condições específicas a cada estirpe para determinação das CIM com potencial antimicrobiano.

As concentrações consideradas efetivas (CIM) foram àquelas capazes de inibir visualmente o crescimento do microrganismo. O aumento bacteriano foi

quantificado em 620 nm (BioTrak II) e a análise dos dados ocorreram nos tempos 0 e 24 h.

Figura 11. Representação esquemática da diluição seriada do EV em placa de 96 poços para avaliação da CIM

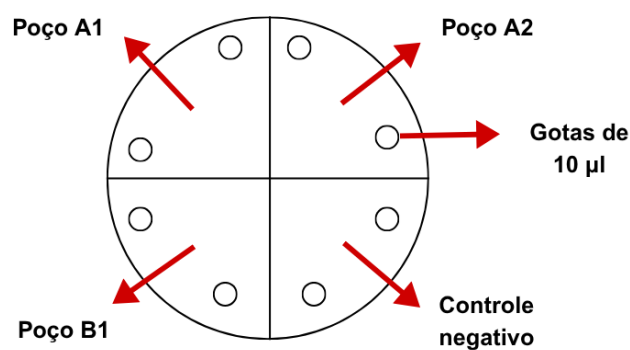


Fonte: Autora (2025)

5.6 Determinação da CBM

Uma alíquota de 10 µl foi retirada da placa de microdiluição de poços que não apresentaram crescimento após 24 h de incubação. Essa amostra foi então inoculada em placas de Petri com meio BHI e incubada sob os mesmos parâmetros (Figura 12). As CBM foram consideradas aquelas que conseguiram inibir completamente o crescimento do microrganismo na superfície do ágar (CLSI, 2012).

Figura 12. Representação esquemática da placa de Petri contendo o EV e o microrganismo em meio ágar BHI



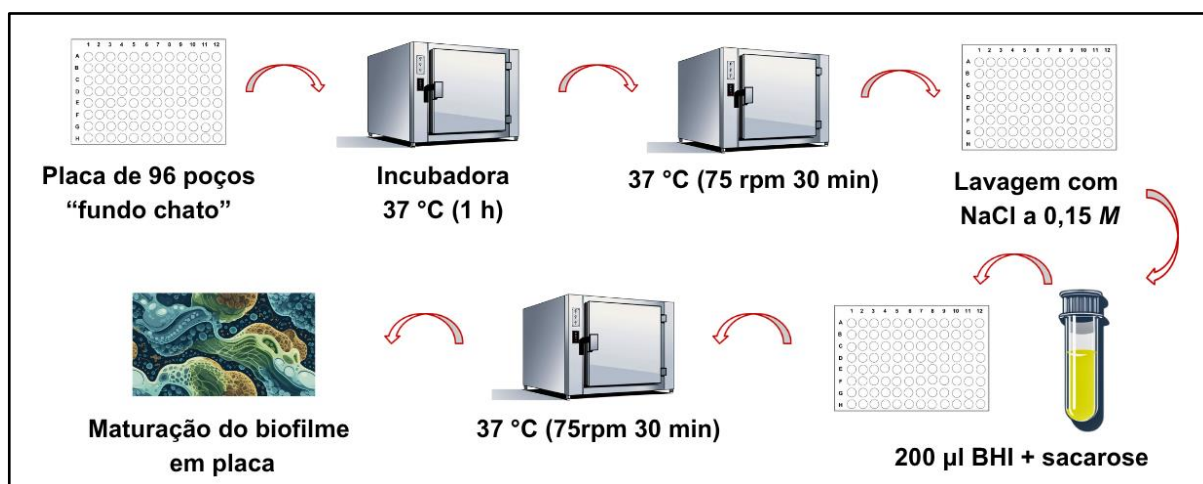
Fonte: Autora (2025)

5.7 Concentração Mínima Inibitória de Biofilme (CMIB) ou Antibiofilme

A metodologia para avaliação da atividade antibiofilme foi desenvolvida de acordo com O'Toole (2011), com algumas modificações. A substância teste foi diluída seriadamente em placas de poliestireno de 96 poços de “fundo chato”.

Para a formação do biofilme a placa foi incubada a 37 °C por 1 h, permitindo que os microrganismos se fixassem na superfície. Depois, ela foi transferida para uma incubadora com agitação de 75 rpm por 30 min, ajudando na adesão inicial. Em seguida, a placa foi lavada duas vezes com solução de NaCl a 0,15 M, para remover os microrganismos em suspensão e/ou fracamente aderidos à superfície. Por fim, foram adicionados 200 µl do meio de cultura estéril com 2 % de sacarose aos poços, e a placa foi incubada novamente para promover a maturação do biofilme (Figura 13).

Figura 13. Representação esquemática da metodologia utilizada na avaliação da CMIB



Fonte: Autora (2025)

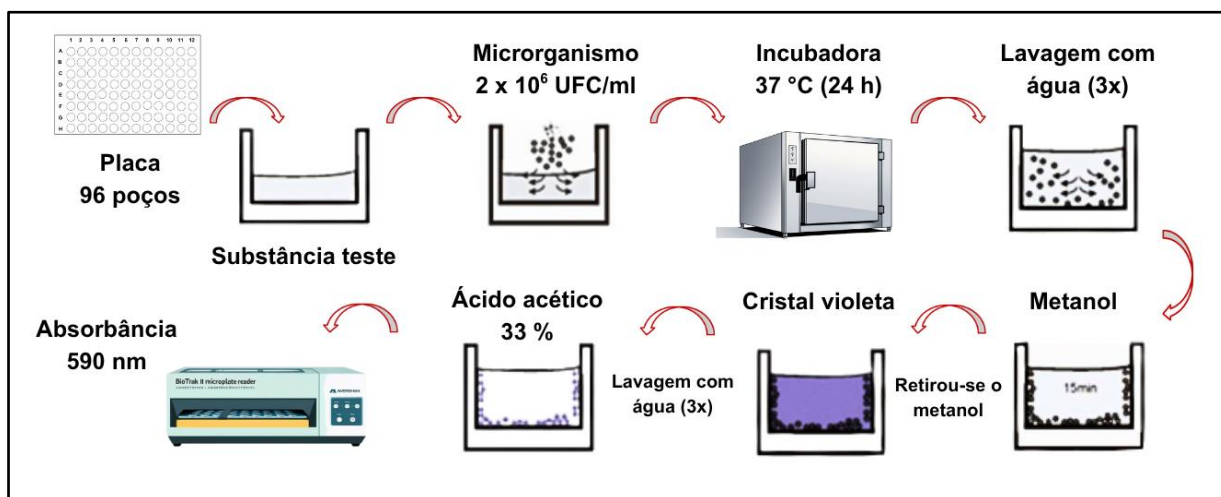
5.8 Quantificação da Biomassa

Esse procedimento foi aplicado na quantificação indireta da formação do biofilme monoespécie, por meio da coloração com cristal violeta. Após as 24 h de incubação, a placa foi lavada duas vezes com água destilada estéril e em seguida, adicionado álcool metílico (P.A) em um volume referente ao volume do poço. A fixação das células aderidas ocorreu após 15 min. Passado este período, o metanol

foi retirado e adicionou-se o cristal violeta (0,1 %), por 15 min. Ao retirar o cristal violeta, o processo de lavagem foi repetido novamente.

Para a dissolução do corante absorvido pelo biofilme foi acrescentado ácido acético (33 %) por mais 15 min. Depois de todo o procedimento foram transferidos 200 µl da suspensão obtida de cada poço para uma nova placa de 96 poços e o biofilme formado foi quantificado com base na densidade óptica, a 590 nm utilizando espectrofotômetro (Biotrak II) (Figura 14).

Figura 14. Representação esquemática da metodologia utilizada para determinação da quantificação da biomassa



Fonte: Adaptada de Oliveira (2014)

5.9 Ensaio de Checkerboard

A atividade do antibiótico CLX em combinação com o extrato foi determinada pela técnica de Checkerboard (White *et al.*, 1996). A solução do antibiótico CLX (2,00 mg/ml) foi adquirida comercialmente e devidamente diluída em meio BHI até a concentração de 0,56 µl/ml para utilização nos ensaios biológicos.

Inicialmente foram realizadas oito diluições seriadas em placa de 96 poços no sentido vertical, adicionando 50,00 µl do extrato (2,00 mg/ml) em 50,00 µl de meio BHI. Em seguida foi acrescentando a cada poço no sentido horizontal 50,00 µl de CLX, variando a concentração de 0,56 µl/ml a 0,004 µl/ml. Posteriormente, foi acrescentado 100,00 µl de bactéria 2×10^6 UFC/ml, obtendo em cada poço um volume final de 200,00 µl com concentração bacteriana de 1×10^6 UFC/ml.

Como controle negativo, ou seja, controle de crescimento da bactéria foram utilizados poços que continham apenas inóculo e meio de cultura BHI e, como controle de turbidez poços que continham apenas os tratamentos antimicrobianos. A placa foi incubada a 37 °C por 24 h em condições específicas para determinação da CIM e da CBM das substâncias combinadas.

Para a determinação da CIM do antibiótico CLX em combinação com o extrato, foi considerada a menor concentração capaz de inibir visualmente o crescimento bacteriano após 24 h de incubação. Complementarmente, a inibição do crescimento planctônico foi quantificada por meio da DO a 620 nm, utilizando o espectrofotômetro Biotrak II, permitindo uma avaliação mais precisa da atividade antimicrobiana.

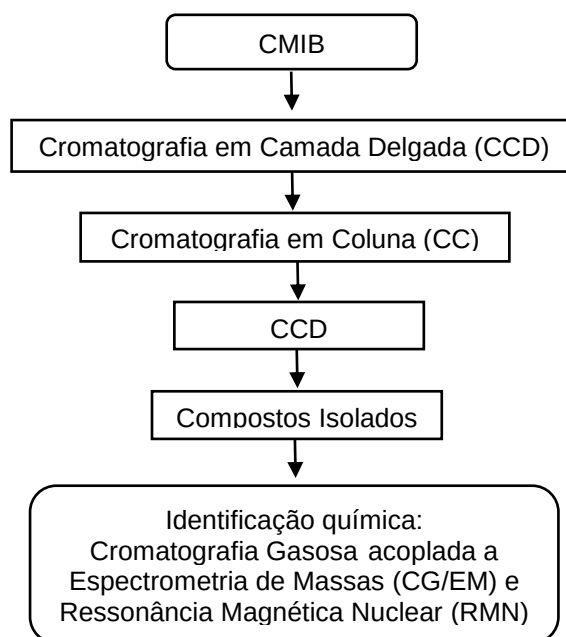
Para a determinação da CBM, 10 µl dos poços nos quais não foi observado crescimento microbiano visível foram inoculados em placas de Petri contendo meio de cultura BHI. A CBM foi definida como a menor concentração capaz de inibir completamente o crescimento bacteriano na superfície do ágar após 24 h de incubação a 37 °C.

O Índice de Concentração Inibitória Fracional (ICIF) foi definido como a soma da CIM das substâncias, quando utilizadas em combinação, dividida pela soma da CIM das substâncias isoladas. Assim, a interpretação foi categorizada da seguinte forma: sinergismo ($ICIF \leq 0,5$), aditivo ($0,5 < ICIF \leq 1$), indiferente ($1 < ICIF \leq 4$) ou antagonismo ($ICIF > 4,0$) (Hamoud *et al.*, 2014; Lewis *et al.*, 2002).

5.10 Purificação e isolamento de substâncias

A fração do EV que apresentou a menor CMIB para os microrganismos testados foi selecionada para dar continuidade aos estudos. Essa fração foi utilizada como ponto de partida para a realização dos testes de isolamento e purificação das substâncias bioativas. Para isso, foram empregadas diferentes técnicas cromatográficas, conforme ilustrado na Figura 15, visando à obtenção de compostos com maior grau de pureza e atividade biológica. Além disso, essas etapas permitiram avaliar o perfil químico das frações obtidas ao longo do processo. Os resultados contribuíram para a identificação de substâncias potencialmente responsáveis pela atividade antimicrobiana observada.

Figura 15. Fluxograma do processo de isolamento de substâncias.



Fonte: Autora (2025)

A primeira etapa foi uma triagem por CCD. Para isso, foram usadas placas comerciais de alumínio recobertas com sílica gel 60G F254, da marca Merck, que funcionam como fase estacionária. A fase móvel foi escolhida de acordo com o esquema de polaridade sugerido por Snyder; Kirkland (1997), buscando obter valores de R_f entre 0,2 e 0,8. O revelador utilizado foi o ácido sulfúrico a 10 %.

Posteriormente foi realizada a otimização da fase móvel que permitisse a transferência da CCD para a CC. Para isso, a pré-purificação foi realizada com a mistura de 1,0 g do extrato seco com a fase estacionária (1:1 m/m). Na sequência, a mistura foi adicionada em coluna de vidro (14 x 1 cm) contendo sílica gel (70-230 μm). A escolha do solvente de eluição foi feita levando em consideração a polaridade da amostra.

Depois, as amostras foram analisadas usando CG/EM. A coluna, a injeção e a vazão do gás foram selecionadas de acordo com as condições específicas do método de análise, levando em consideração fatores como a compatibilidade com a coluna utilizada, a quantidade de amostra a ser injetada e a eficiência da separação desejada. Além disso, utilizou-se RMN de ^1H e ^{13}C unidimensional e bidimensional.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram categorizados no programa *Microsoft Excel*[®], e posteriormente, analisadas no *software GraphPad Prism*[®]. As diferenças significativas entre os grupos foram verificadas, segundo o teste *One-way ANOVA* com pós-teste de Bonferroni e Tukey.

Os dados foram considerados estatisticamente significantes quando $p \leq 0,01$.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Otimização da extração

A sonicação com temperatura controlada destacou-se como a técnica de extração mais eficiente, reduzindo o tempo de extração, apresentando o maior rendimento (1,9 g) e mantendo sensibilidade eficaz ao agente antimicrobiano (tabela 2). Esses resultados evidenciam a importância de otimizar os processos extrativos, que envolvem diferentes técnicas e condições para maximizar a recuperação de compostos bioativos de amostras vegetais complexas, aumentar a seletividade e sensibilidade dos métodos analíticos e fornecer protocolos reprodutíveis e independentes das variações na matriz das amostras (Smith, 2003).

Tabela 2. Rendimento e sensibilidade do agente antimicrobiano em diferentes técnicas extrativas

Técnica extrativa	Farinha do babaçu/solvente extrator (1:1 g/ml)	
	Rendimento médio (g)	Sensibilidade ao antimicrobiano
Maceração a frio	1,1	R*
Maceração com calor	1,7	S**
Sonicação (35°C)	1,9	S

Fonte: Autora (2025)

Legenda: *R – Resistente (Não sensível) **S – Sensível (Sensível)

7.2 Triagem da atividade antimicrobiana por determinação da CIM

As FE, FAE, FB e FA não apresentaram atividade antimicrobiana contra os microrganismos *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *C. albicans*, *S. salivarius*, indicando que, nessas condições, elas não possuem compostos suficientes para inibir o crescimento microbiano. Por outro lado, a FH mostrou atividade inibitória contra *S. salivarius*, o que foi fundamental para orientar os testes posteriores da CBM e atividade antibiofilme contra outras cepas relacionadas a doenças na cavidade oral, como *S. oralis*, *S. mutans* e *S. pyogenes* (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação da CIM das frações da farinha do babaçu contra microrganismos de relevância clínica

Microrganismos	Amostras (CIM µg/ml)							
	FE	FH	FAE	FB	FA	EH	EAE	EB
<i>S. aureus</i>	R*	R	R	R	R	R	R	R
<i>E. faecalis</i>	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>P. aeruginosa</i>	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>C. albicans</i>	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>S. salivarius</i>	R	R	R	R	R	S**	R	R
<i>S. oralis</i>	ND***	ND	ND	ND	ND	S	ND	ND
<i>S. mutans</i>	ND	ND	ND	ND	ND	S	ND	ND
<i>S. pyogenes</i>	ND	ND	ND	ND	ND	S	ND	ND

Fonte: Autora (2025)

Legenda: *R – Resistente (Não sensível) **S – Sensível (Sensível) ***ND – Não determinado

Os resultados confirmam que o EH apresentou atividade bactericida e bacteriostática nas concentrações 250 µg.ml⁻¹ (*S. salivarius*), 62,5 µg.ml⁻¹ (*S. oralis*), 31,25 µg.ml⁻¹ (*S. mutans*) e 62,5 µg.ml⁻¹ (*S. pyogenes*), respectivamente (tabela 4).

Tabela 4. Avaliação da atividade antimicrobiana do EH de *A. speciosa* contra microrganismos da cavidade oral

Microrganismos	EH	
	CIM* (µg/ml)	CBM** (µg/ml)
<i>S. salivarius</i>	250,0	250,0
<i>S. mutans</i>	125,0	125,0
<i>S. oralis</i>	62,5	62,5
<i>S. pyogenes</i>	62,5	62,5

Fonte: Autora (2025)

Nota-se que os valores da CIM e CBM foram equivalentes. Hossan et al (2018) relatam a existência de outros trabalhos científicos que demonstram resultados semelhantes ao avaliar a CIM e CBM de extratos brutos, o que não é comum em substâncias isoladas.

Kuete (2010) classifica como extratos moderadamente ativos, aqueles com CIM entre 100 µg/ml e 625 µg/ml e extratos ativos os que apresentam valores de

CIM menores que 100 µg/ml. Deste modo, pode-se considerar a ampla atividade do EH contra as cepas testadas, principalmente, para *S. oralis* e *S. pyogenes*.

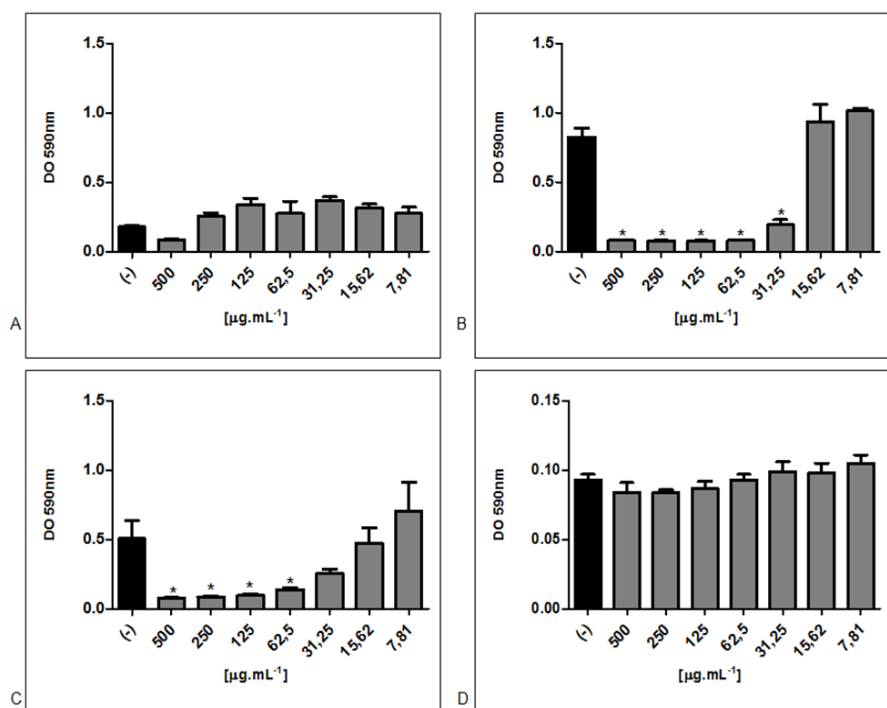
Barroqueiro et al (2016) avaliaram a atividade antimicrobiana com a farinha do mesocarpo do babaçu utilizando o método de maceração com solvente extrator etanólico. Embora os resultados comprovem a presença de atividade bactericida em concentrações de 500×10^3 µg/ml contra *S. Aureus* (ATCC 25923), *S. aureus* resistente à metilicina (MRSA) e *E. faecalis* (ATCC 29212), os valores da CIM foram superiores aos resultados apresentados neste estudo.

Os aspectos que podem influenciar na sensibilidade a um mesmo agente antimicrobiano estão relacionados a fatores ambientais como origem da planta, época da coleta, metodologia de extração utilizada, solvente extrator, quantidade de extrato testada e fatores intrínsecos, como tipo e cepa utilizada nos testes (Vieira et al., 2014).

É evidente a ação antimicrobiana do EH do mesocarpo de *A. speciosa* contra bactérias Gram-positivas. A hidrofobicidade dos extratos é a característica mais influente da atividade antimicrobiana de extrações com solventes apolares (DI PASQUA et al., 2006). Nas bactérias Gram-positivas, as moléculas hidrofóbicas penetram com maior facilidade na espessa camada de peptidoglicano, ocasionando alterações na superfície externa e nas estruturas metabólicas dos microorganismos, e consequentemente, interferindo no crescimento bacteriano (Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013).

O EH de *A. speciosa* apresentou atividade antimicrobiana significativa, demonstrando valores de CMIB frente a *Streptococcus oralis* e *Streptococcus mutans*. As concentrações inibitórias mínimas bacterianas observadas variaram entre 500,00 e 31,25 µg/ml, indicando um efeito dependente da concentração. Esses resultados evidenciam a sensibilidade dos microrganismos testados ao extrato avaliado. A redução progressiva da concentração foi acompanhada pela manutenção da atividade inibitória. Tal comportamento sugere a presença de compostos bioativos com potencial antimicrobiano. Os dados obtidos estão apresentados na Figura 16, que ilustra comparativamente os valores de CMIB.

Figura 16. Atividade do EH do mesocarpo de *A. speciosa* contra a formação do biofilme



Fonte: Autora (2025)

Legenda: *S. salivarius* (A), *S. oralis* (B), *S. mutans* (C), *S. pyogeneses* (D). *Diferença significativa $p \leq 0,01$.

De acordo com os resultados, o efeito antibiofilme está relacionado diretamente com a ação que o extrato possui quando o microorganismo está em suspensão, com uma diferença para *S. oralis* e *S. mutans*, que apresentam uma relação dose-resposta em concentrações abaixo da CIM.

Em condições saudáveis, no sulco gengival, a microflora é escassa e os estreptococos orais gram-positivos são dominantes (Marsh, 2015), principalmente *S. mutans* (Rathee; Sapro, 2023). Entretanto, mudanças na resposta do hospedeiro provocadas por alterações sistêmicas e fatores de risco exógenos ocasionam um aumento na composição do microbioma específico ou inespecífico, como consequência, ocorre um aumento no risco de doenças periodontais e cáries dentárias (Roberts; Darveau, 2015).

O início do processo carioso possui uma relação direta e consistente com o aumento das cepas de *S. mutans* (Bowen *et al.*, 2018). Após adição de sacarose em modelos de biofilme, isolados de *S. mutans*, aumentam em sua capacidade de competir predominando no biofilme (Liu *et al.*, 2018).

A virulência de cepas de *S. Mutans* está relacionada à produção de enzimas glicosiltransferases que clivam carboidratos provenientes da dieta sintetizando glicanas. Este polissacarídeo proporciona a adesão entre células estreptocócicas e a parede celular de proteínas de ligação (koo; Xiao; Klein, 2009). Como *S. mutans* é um microorganismo acidogênico e acidúrico, o pH da cavidade oral diminui, tornando-se um meio propício para a formação do biofilme (Smith; Mattos-Graner, 2008).

A ação de produtos naturais contra *S. mutans* pode estar associada à inibição ou inativação da capacidade de produção de glicanas respectivamente, e formação de ácidos orgânicos demonstrando um enfoque terapêutico eficiente, desde que não provoque desequilíbrio na microbiota normal (Xu *et al.*, 2013).

Além disso, pode interromper o metabolismo bacteriano, aumentar a biodisponibilidade e a estabilidade de compostos naturais em novas plataformas de administração de fármacos, inibir a formação de biofilmes, dispersar o biofilme existente e interferir no quorum sensing e nos sistemas de transdução de sinal de dois componentes (Kashi, 2025).

Estudos também indicaram eficácia significativa no desenvolvimento e uso de novas abordagens terapêuticas que podem substituir ou complementar os antibióticos tradicionais no combate a infecções causadas por microrganismos. Sugere-se a utilização em associação de compostos naturais com antimicrobianos sintéticos, como a CLX, o que poderia reduzir significativamente a utilização de produtos químicos, agindo também como alternativa à resistência antibiótica (Uddin *et al.*, 2021).

O Ensaio Checkerboard demonstrou que o EH de *A. speciosa*, quando avaliado isoladamente, apresentou CIM de 125,00 µg/ml, enquanto a CLX exibiu CIM de 0,14 µg/ml. Quando ambas as substâncias foram testadas em combinação, observou-se uma redução expressiva das concentrações inibitórias mínimas, sendo a CIM do EH reduzida para 15,60 µg/ml e a da CLX para 0,001 µg/ml. Esses dados evidenciam uma interação positiva entre os agentes avaliados. O ICIF obtido foi de 0,13, valor indicativo de forte sinergismo. Esse resultado confirma o efeito sinérgico da associação entre o extrato e a CLX. A Tabela 5 apresenta de forma detalhada os valores obtidos.

Tabela 5. Avaliação do Ensaio Checkerboard do EH de *A. speciosa* contra *S. mutans*

Microorganismo	Substância	CIM (µg/ml)		CIF*	ICIF	Interpretação
		Sozinho	Combinado			
<i>S. mutans</i>	CLX	0,14	0,001	0,007	0,13	Sinergismo
	EH	125	15,6	0,12		

Fonte: Autora (2025)

Legenda: *CIF Concentração Inibitória Fracional

O efeito sinérgico *in vitro* do EH contra *S. mutans* é relevante, considerando a utilização de produtos naturais associados a doses reduzidas de CLX, agente químico responsável por reações indesejáveis no tratamento da cárie dentária quando administrado em longo prazo como único agente antibiofilme.

7.3 Triagem da atividade antimicrobiana das frações do EH: purificação e isolamento de substâncias

Inicialmente, foi realizada uma triagem por CCD, utilizando como fase estacionária placas comerciais de alumínio recobertas por sílica gel 60G F254, marca Merck. O revelador utilizado foi o ácido sulfúrico 10 %.

Posteriormente, foi realizada a otimização da fase móvel que permitisse a transferência da CCD para a CC. A pré-purificação foi realizada com a mistura de 1,0 g do EH com a fase estacionária (1:1 m/m). Na sequência, a mistura foi adicionada em coluna de vidro (14 x 1 cm) contendo sílica gel (70-230 µm). A amostra foi eluída com 50,0 ml de hexano/metanol 9:1 (v/v).

O procedimento resultou em 4 frações nomeadas como F.1, F.2, F.3 e F.4. Para identificar os compostos ativos presentes no EH responsáveis pela ação antimicrobiana e antibiofilme, as frações do EH foram submetidas a testes da CMIB após a purificação, utilizando a cepa *S. salivarius* como modelo. De acordo com os resultados a fração F.2 foi selecionada para continuar os testes de purificação e isolamento, pois apresentou a melhor resposta antibiofilme (Tabela 6).

Tabela 6. Avaliação da atividade antimicrobiana das frações F.1, F.2, F.3 e F.4 do HE da farinha do babaçu contra *S. salivarius*

<i>S. salivarius</i>	CMIB
	µg/ml
F.1	500
F.2	125
F.3	500
F.4	I*

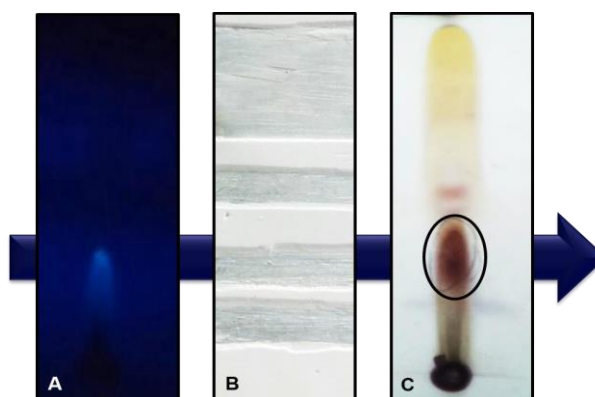
Fonte: Autora (2025)

Legenda: *I – Insatisfatório

A fração F.2 foi solubilizada em hexano grau CG e eluída com clorofórmio PA em placas comerciais de sílica gel 60G F254 (Merck). O perfil cromatográfico inicial foi avaliado por luz ultravioleta (UV), com comprimento de onda de 200 nm. Em seguida, uma segunda placa foi preparada para confirmar o perfil, sendo revelada com ácido sulfúrico a 10 %. As manchas observadas foram identificadas de acordo com o Rf, e, para o isolamento, as placas foram eluídas com o extrato, raspando-se a sílica junto com a substância no Rf específico do composto de interesse.

A amostra contendo a sílica e a substância isolada foi filtrada utilizando 50 ml de hexano/clorofórmio (1:1, v/v), e o filtrado obtido foi concentrado em chapa aquecedora a 35 °C. Cada amostra foi codificada numericamente para envio à análise por RMN, garantindo a rastreabilidade dos compostos. Ao todo, foram analisados os perfis espectrométricos de quatro compostos distintos, representados na figura pelos códigos 361, 322, 362 e 360, do menor para o maior Rf (Figura 17).

Figura 17. Cromatoplasacas da F.2 do EH



Fonte: Autora (2025)

Legenda: UV (254 nm) (A). Placa com a amostra e a sílica raspada (B). Placa revelada com ácido sulfúrico 10 % (C). O composto isolado é identificado pelo círculo.

Posteriormente, os extratos concentrados foram submetidos à caracterização estrutural detalhada por RMN, permitindo a identificação das funções químicas presentes em cada composto. Os espectros obtidos foram comparados com padrões bibliográficos e espectros de referência, confirmando a pureza e a integridade das substâncias isoladas. Esse conjunto de análises possibilitou correlacionar os perfis cromatográficos com as propriedades biológicas observadas, fornecendo informações essenciais sobre o potencial farmacológico das frações estudadas.

7.3.1 Amostra 360

Dados espectrométricos observadas nos mapas de contorno Heteronuclear Single Quantum Coherence (HSQC) e Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) da amostra 360 (Figura 18, 19 e 20), indicam a presença de uma mistura, com um triacilglicerol provavelmente predominante (Figura 21). O espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 e o espectro de RMN Homonuclear Correlation Spectroscopy (COSY) em CDCl_3 da amostra 360 (Apêndice A e B) auxiliam na identificação dos grupamentos estruturais; contudo, outras possibilidades estruturais não podem ser descartadas, sendo necessárias investigações adicionais para caracterizar e determinar a posição dos grupos acila, conforme ilustrado a seguir:

Figura 18. Dados espectrométricos de RMN (600 MHz) em CDCl_3 da amostra 360

HSQC		HMBC (faltando)		Resultado ChemDraw (Literatura)	
	δ_{C}	δ_{H}	$^2J_{\text{CH}}$	$^3J_{\text{CH}}$	
C					
1 ₁	~ 172*	-	$^1\text{2H-1}_2$	$^1\text{2H-1}_3$	173.1 -
2 ₁		-	2H-2 ₂	2H-2 ₃	-
3 ₁		-	2H-3 ₂	2H-3 ₃	-
CH					
2	68.87	5.19 (m)			69.1 5.15
2 ₉	130.25	5.30-5.20 (m)			130.7 5.42
2 ₁₀	130.03	5.30-5.20 (m)			130.3 5.42
CH₂					
1	62.11	4.22 (dd, 12.0,			64.11 4.52

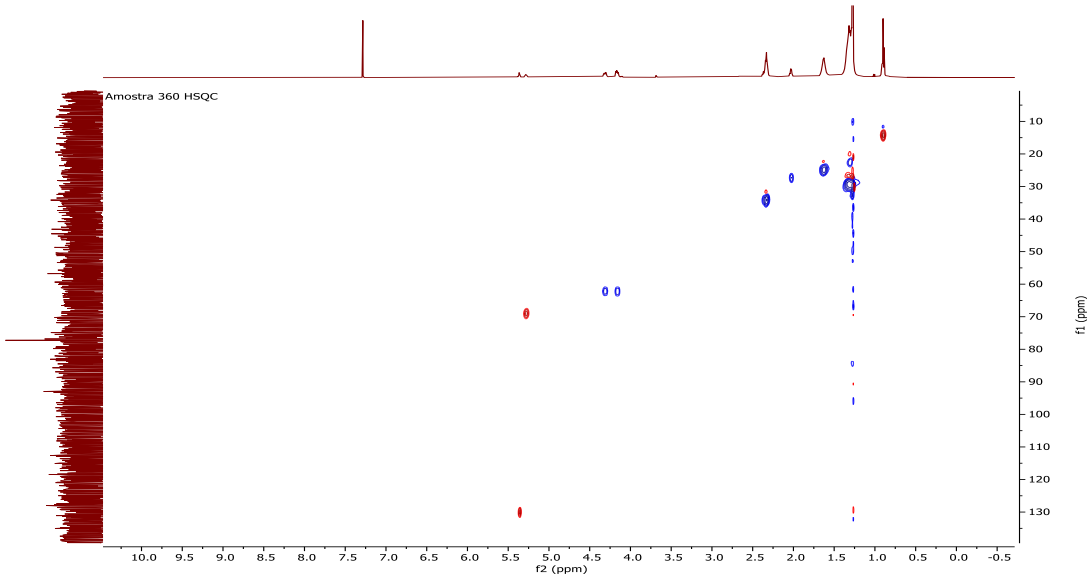
Continua...

Continua...

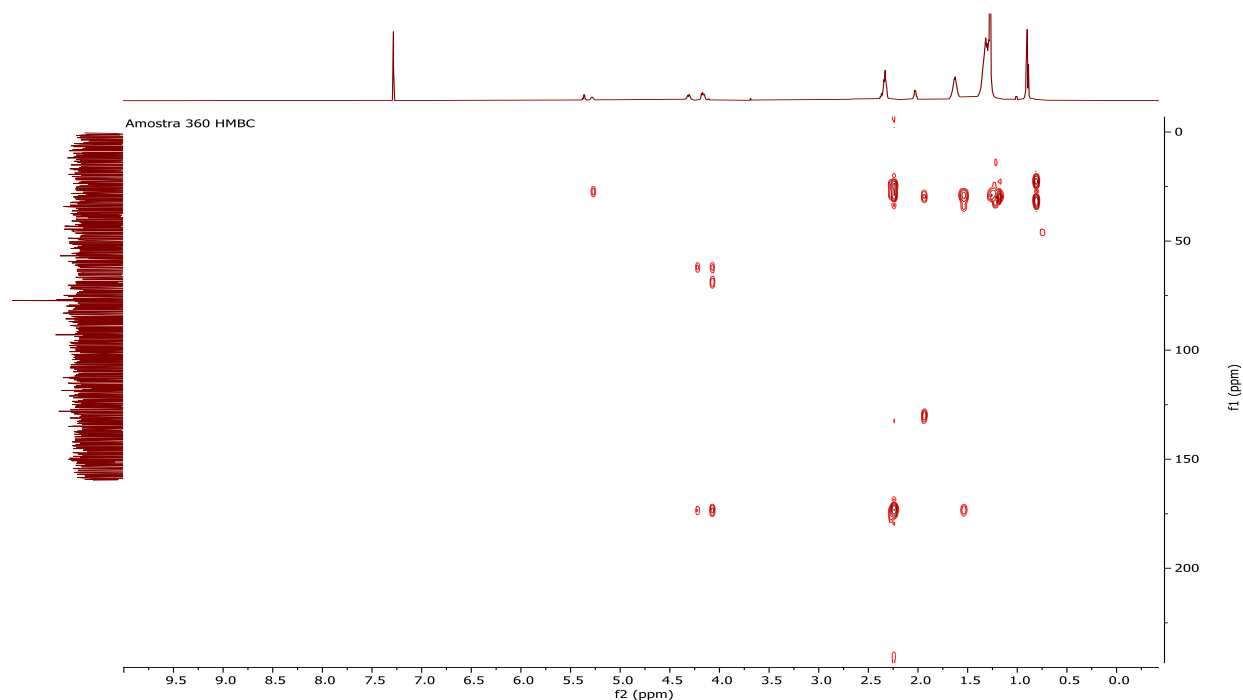
3	62.11	3.9)	64.11	4.52
		4.08 (dd, 12.0,		
		5.9)		
1 ₂	34.21	2.24 (m)	33.9	3.25
2 ₂	34.07		34.2	
3 ₂	34.04		33.9	
1 ₃	25.64	1.56 (m)	25.1	1.64
2 ₃	24.88			
3 ₃	2485			
2 ₈	27.24	1.94 (m)	27.7	1.96
2 ₁₁	2721			
[CH ₂] _m /[CH	29.78 –	1.30 – 1.18 (m)	29.4-	1.33-1.29
2] _n	29.07		29.1	
2 ₄ -2 ₇ /2 ₁₂ -				
2 ₁₅				
(m+1)	31.95	1.30 – 1.18 (m)	31.9	1.29
(n+1)	31.93			
2 ₁₆	31.54			
(m+2)	22.71	1.30 – 1.18 (m)	22.8	1.33
(n+2)	22.70			
2 ₁₇	22.60			
CH₃				
(m+3)	14.14	0.81 (t, 6.8)	14.1	0.96
(n+3)				
2 ₁₈				

Fonte: Autora (2025)
Legenda: *Deduzido com base nos acoplamentos heteronucleares com os átomos de hidrogênio $\delta(^2J_{CH})$ e $\delta(^3J_{CH})$ revelados pelo espectro 2D HMBC, como acima descritos.

Figura 19. Espectro HSQC em CDCl₃ da amostra 360

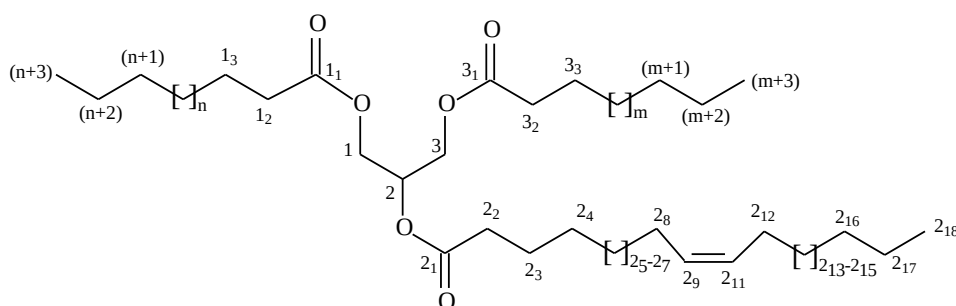


Fonte: Autora (2025)

Figura 20. Espectro HSBC em CDCl_3 da amostra 360

Fonte: Autora (2025)

Figura 21. Estrutura química do triacilglicerol identificado



Fonte: Autora (2025)

7.3.1.1 Oleamida

Os resultados das análises por CG/EM sugerem a possível presença de oleamida (tempo de retenção estimado $\approx 20,340$ min) na amostra 360 (Figura 22). Para a CG/EM, utilizou-se o sistema QP2010 Plus (Shimadzu) acoplado a uma coluna HP-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). A injeção foi de 1,0 μl e a vazão de gás de 1,0 ml/min (Figura 23). Os espectros de massas dos componentes de cada pico

Oleamida

Figura 23. Cromatograma da amostra 360

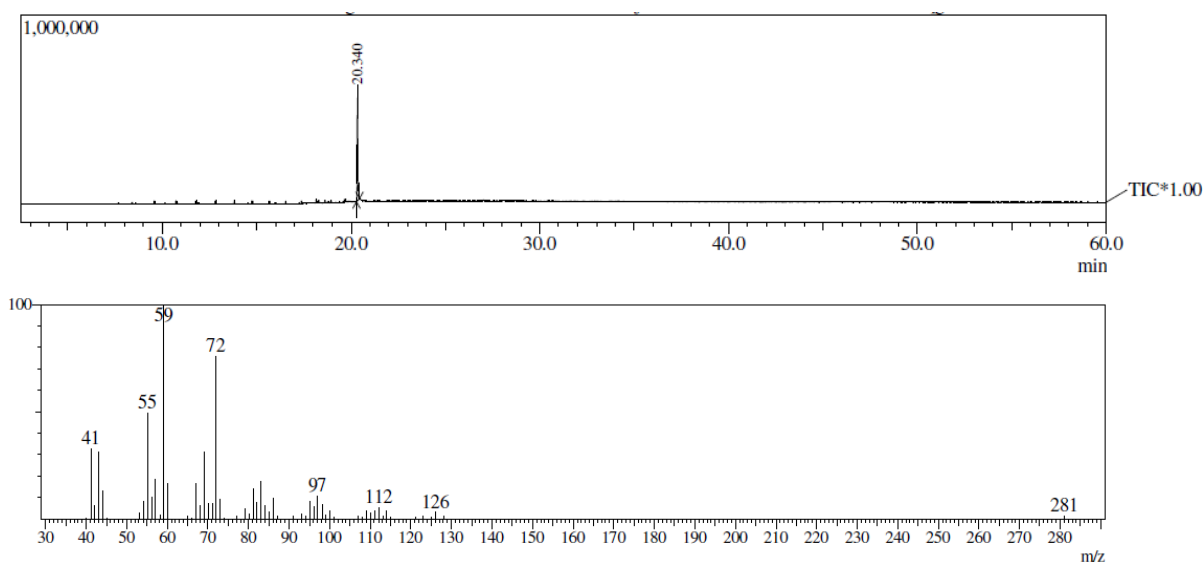
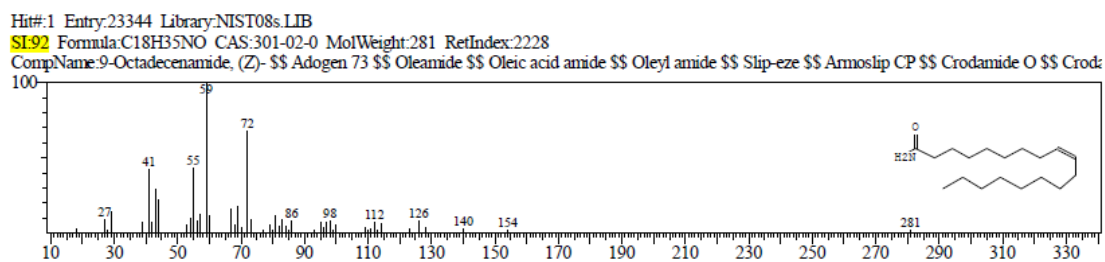


Figura 24. Cromatograma da Biblioteca Espectral de Massas



Fonte: NIST08s.LIB

Originalmente derivada do óleo de palma, a oleamida é um aditivo renovável e sustentável para composições de plástico. Assim como o ácido original derivado de plantas, a oleamida é uma substância cerosa com potencial uso como plastificante para ampliar a capacidade de processamento de composto de borracha (SURYA *et al.*, 2023). Além de suas propriedades físicas cerosas, sua estrutura molecular é única, contendo grupos polares e apolares em sua fórmula química $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CONH}_2$ (Mckinney; Cravatt, 2005).

Uma rota alternativa para obtenção da oleamida é por meio da reação química do ácido oleico com a ureia, ou de forma enzimática a partir de óleos vegetais, como o óleo de palma, utilizando lipases como catalisadores, permitindo a produção de amidas graxas renováveis com bom rendimento (Al-Mulla *et al.*, 2010). A adição de tais compostos como aditivos em materiais poliméricos tem o objetivo de melhorar propriedades físicas e mecânicas, aumentar a durabilidade e prolongar a vida útil dos produtos plásticos, além de conferir maior funcionalidade ao material (Hahladakis *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a oleamida possui uma variedade de usos industriais, como agente de deslizamento, lubrificante e inibidor de corrosão (Park; Seo; Kim, 2024). Os efeitos de deslizamento e antibloqueio da oleamida se limitam a peças plásticas acabadas, frequentemente da gama de poliolefinas (Maltby; Ruxton, 1999). As propriedades de deslizamento permitem que duas superfícies deslizem mais suavemente uma sobre a outra. Em contraste, as propriedades antibloqueio reduzem a adesão de duas superfícies (Hameed; Lee, 2023).

A migração de pequenos componentes químicos moleculares de materiais de contato para alimentos durante o tempo de exposição, tornou-se uma das fontes significativas de contaminação de alimentos pois, os materiais de contato são indispensáveis em vários estágios, incluindo processamento, transporte, vendas e armazenamento de produtos alimentares (Magnuson *et al.*, 2013).

Durante o processamento do babaçu o mesocarpo entrou em contato com vários materiais plásticos que podem ter contaminado a amostra. Utilizou-se primeiramente um moinho de facas para obtenção de uma farinha fina. Esse por sua vez, é lubrificado com graxa que pode conter em sua composição a oleamida. Posteriormente, a amostra foi peneirada em malha de nylon e coletada em recipientes plásticos. Em seguida, as amostras da farinha foram armazenadas em

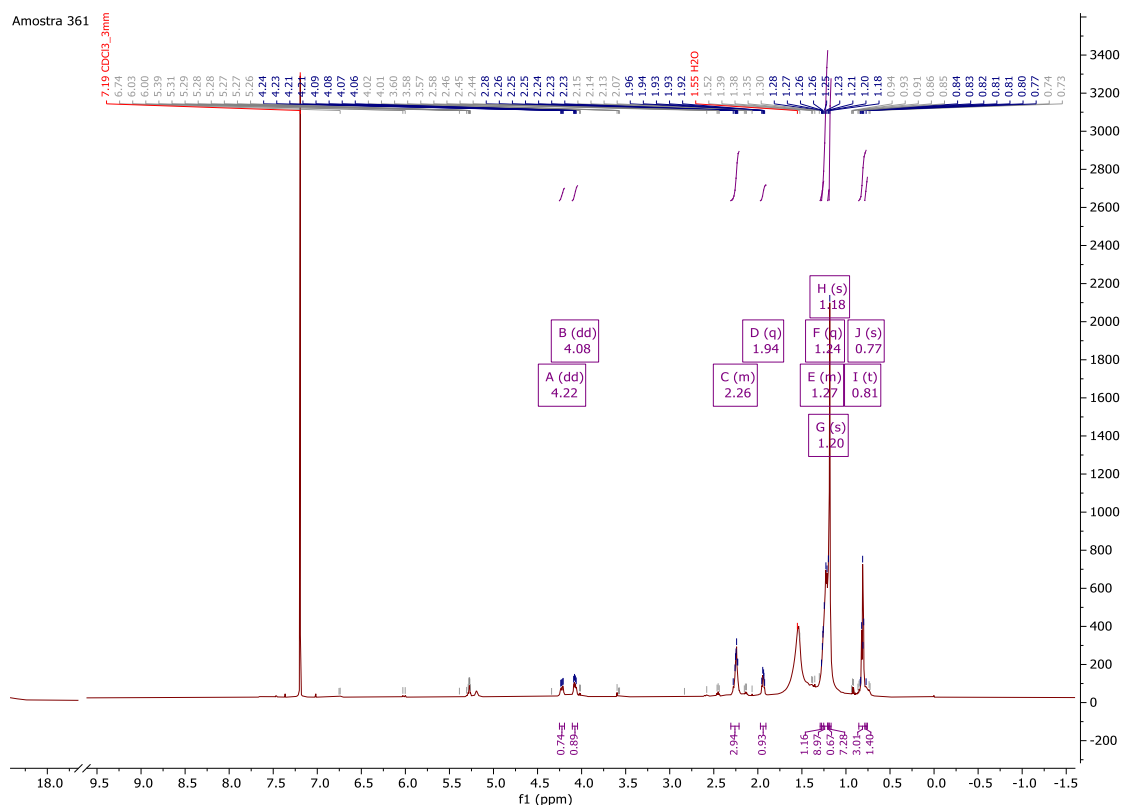
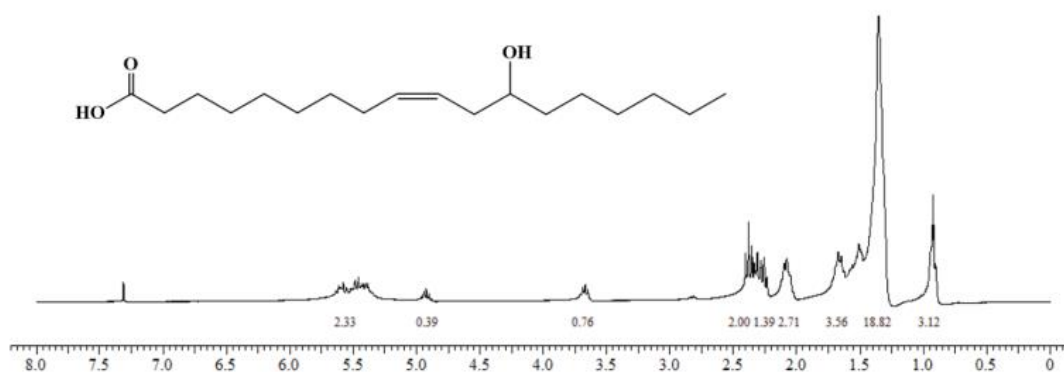
sacos plásticos apropriados para alimentos e estocadas Ultrafreezer -80 °C até as análises.

Ao longo das etapas de preparação e análise, as amostras também entram em contato com diferentes materiais laboratoriais. O contato direto da amostra (fitoquímicos) pode levar a interpretações incorretas dos resultados analíticos, devido à lixiviação de contaminantes proveniente desses materiais durante o manuseio. A oleamida foi identificada como a principal interferência analítica, lixiviada de diferentes itens de laboratório para os solventes (Jug *et al.*, 2020).

Para confirmar a presença da oleamida na amostra seria necessário repetir as análises eliminando os possíveis interferentes, garantindo assim, a confiabilidade dos resultados.

7.3.2 Amostra 361

A amostra 361 também aparece como uma mistura de triacilgliceróis (Figura 25), indicando a presença de diferentes glicerídeos na composição da fração. O sinal de ^1H em torno de δ H 2,70 no espectro de RMN ^1H sugere a presença de grupos $-\text{CH}_2-$ localizados entre duas ligações olefínicas, característica típica do ácido ricinoléico (Figura 26). Além disso, outros sinais presentes no espectro corroboram a existência de hidroxilas e ligações insaturadas, reforçando a complexidade estrutural da mistura. A análise detalhada permite inferir que os triacilgliceróis presentes podem contribuir para as propriedades biológicas observadas, como atividade antimicrobiana. Esses achados evidenciam a importância de caracterizar individualmente os componentes da amostra para compreender melhor seu potencial farmacológico.

Figura 25. Espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 361Figura 26. Estrutura do ácido ricinoléico e seu respectivo espectro de RMN ^1H 

Fonte: Rios C, I, 2021.

Quando comparamos o espectro de RMN ^1H obtidos neste trabalho com os resultados de Rios (2021), identificamos semelhanças nos espectros. O pico com deslocamento químico em $\delta_{\text{H}} = 0,81$ ppm corresponde aos hidrogênios do grupo metil (CH_3) terminal da cadeia (Slivniak; Domb, 2005). Regiões de $\delta_{\text{H}} = 1,18$ – $2,26$ ppm refletem os hidrogênios de carbono sp^3 dos grupos metileno (CH_2) ao longo da

molécula. O sinal em $\delta_H = 3,6$ ppm representa o hidrogênio ligado ao carbono sp^3 do grupo metino (CH) (Li et al., 2017), localizado no décimo segundo carbono. Essa característica é particular ao ácido ricinoléico, pois é o único que possui uma hidroxila na molécula (Nunes et al., 2008).

O ácido ricinoléico também é conhecido como ácido cis-12-hidroxi-9-octadecenoico ou ácido 12-hidroxi-oleico, é uma gordura insaturada com um grupo hidroxila no átomo C_{12} (Nitbani, 2022). O ácido ricinoléico tem sido utilizado, tanto quimicamente quanto enzimaticamente, para produzir uma variedade de agentes terapêuticos com aplicações como antifúngicos e antimicrobianos, antibiofilme, sistemas de liberação de fármacos, transportadores biodegradáveis para quimioterápicos, bioadesivos e curativos para feridas (Shikanov et al., 2004; Pabiś; Kula, 2016).

Constata-se, até onde se sabe, que o ácido ricinoléico foi detectado pela primeira vez no mesocarpo do babaçu. Esse ácido é um composto natural relevante, encontrado principalmente nas sementes da mamona, representando cerca de 90 % do total de ácidos graxos do óleo das sementes. Além disso, o ácido ricinoléico tem aplicações na indústria de biopolímeros, emulsificantes, aditivos alimentares e na síntese de derivados para uso farmacêutico e cosmético (Patel et al., 2016).

7.3.3 Amostra 362

Na amostra 362 foi identificado um triacilglicerol constituído por glicerol esterificado a um ácido oleico e dois ácidos mirísticos (Figura 27 e 28). O espectro de RMN ^{13}C apresentou qualidade satisfatória, permitindo uma confirmação definitiva da estrutura (Figura 29 e 30).

Para formar um triacilglicerol contendo dois ácidos mirísticos ($C_{14:0}$) e um ácido oleico ($C_{18:1}$), a configuração típica envolve o glicerol esterificado com dois resíduos miristoílicos nas posições sn-1 e sn-3, e um resíduo oleico na posição sn-2. A nomenclatura apropriada para esse triacilglicerol é 1,3-dimiristoil-2-oleoil-glicerol, o que corresponde à notação abreviada (14:0, 18:1, 14:0) (Akoh; Min, 2008). Essa estrutura é relevante não apenas para a caracterização química, mas também para futuras investigações sobre a atividade biológica da fração, uma vez que a posição dos ácidos graxos no glicerol pode influenciar seu comportamento funcional.

Figura 27. Estrutura química do triacilglicerol 1,3-dimiristoil-2-oleoil glicerol conforme o espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362

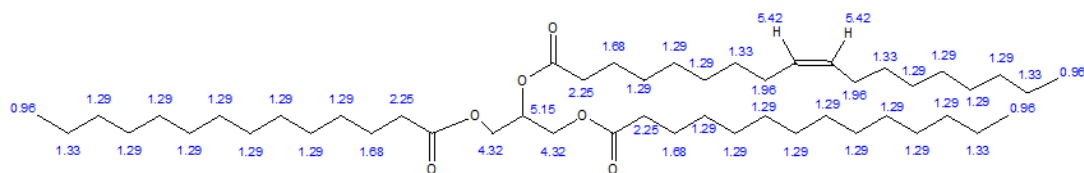


Figura 28. Espectro de RMN de ^1H 600 MHz em CDCl_3 da amostra 362

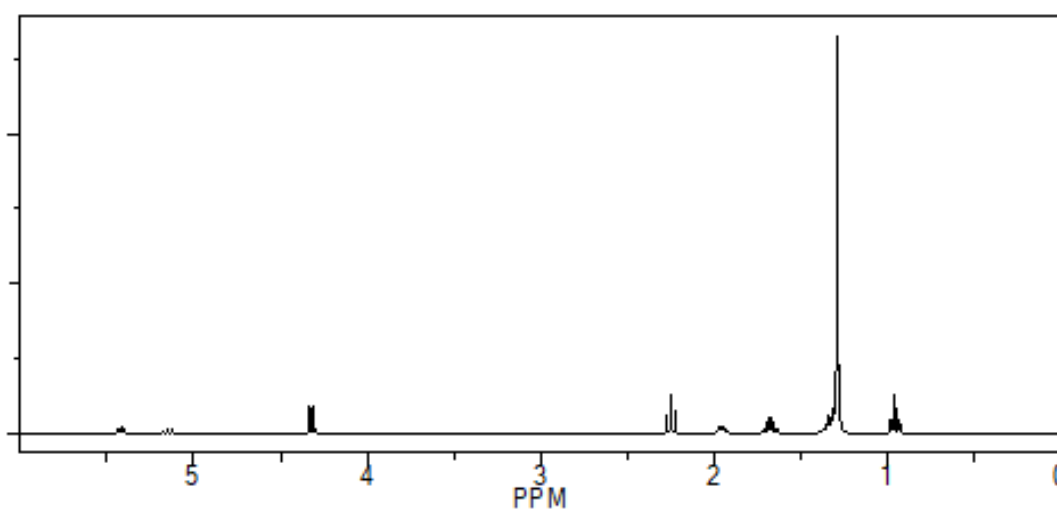


Figura 29. Estrutura química do triacilglicerol 1,3-dimiristoil-2-oleoil glicerol segundo espectro RMN¹³C 600 MHz em CDCl₃ da amostra 362

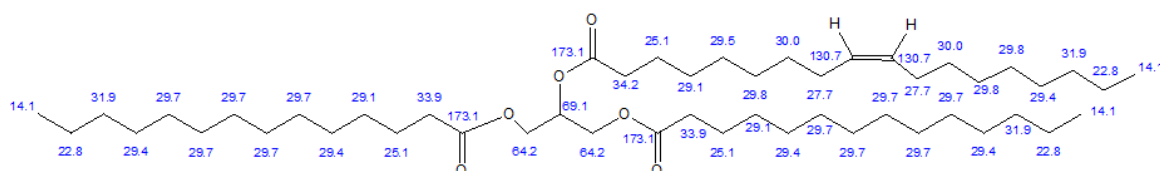
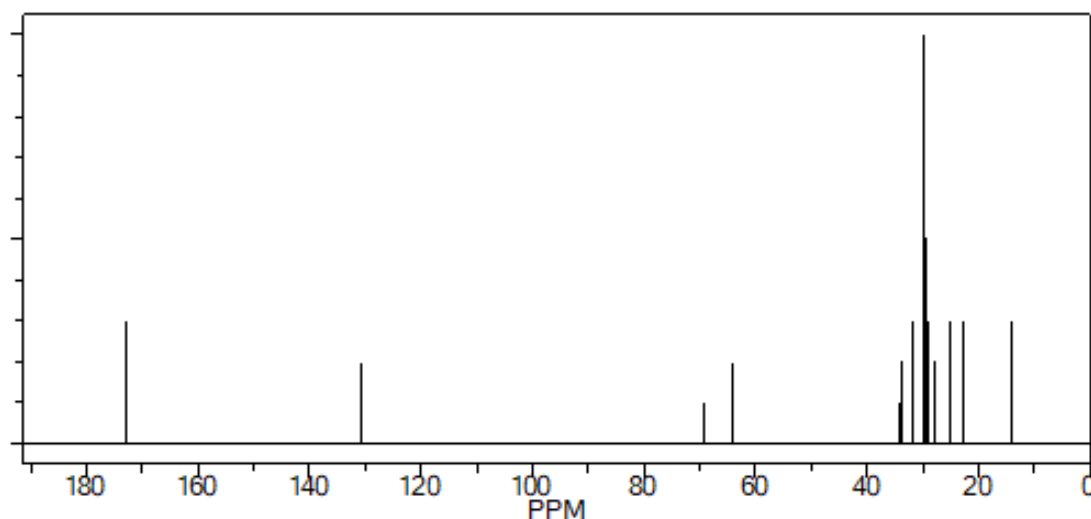


Figura 30. Espectro RMN¹³C 600 MHz em CDCl₃ da amostra 362



Análises multivariadas, com base na avaliação de componentes principais e na análise hierárquica de agrupamentos, indicaram uma correlação entre a composição da polpa (mesocarpo) e dos óleos da amêndoa de palmeiras da família *Arecaceae* (Teixeira, 2022). Essa correlação sugere que as proporções de ácidos graxos são semelhantes em todo o fruto.

Portanto, os ácidos graxos predominantes no babaçu são os saturados (84–95%), com maior concentração de ácido láurico (48–50 %) seguido por ácido mirístico (14%), caprílico (8 %), cáprico (7%) e palmítico (7%). Os ácidos graxos monoinsaturados totalizam cerca de 10%, destacando-se o ácido oleico (9%). Traços de ácidos margárico e heneicosílico também foram relatados (<0,1%). (Serra *et al.*, 2019; Bauer *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2007).

Em plantas, os ácidos graxos livres formam triacilgliceróis principalmente para armazenar energia e para construir estruturas de reserva, assim como em animais. Os triacilgliceróis são armazenados principalmente em sementes (ou frutos) sob a forma de óleo, que fornece energia durante a germinação. Além disso, são hidrofóbicos e ocupam pouco espaço, facilitando o armazenamento em grandes quantidades sem consumir muita água (Xu; Shanklin, 2016).

Os triacilgliceróis são formados pela reação do glicerol (com três-OH) com o ácido graxo ativado ou na forma de ácido graxo e acetil CoA (ou outro derivado ativado) para formar o éster. Cada grupo OH do glicerol forma uma ligação éster com um ácido graxo, liberando água. O resultado é um triacilglicerol: Glicerol-(O-

CO-R1)-(O-CO-R2)-(O-CO-R3). Estes são mobilizados quando há necessidade de energia e, durante a germinação, as lipases liberam ácidos graxos e glicerol para uso metabólico conforme a planta cresce (Behr; Gomes; 2010).

Os triacilgliceróis têm sido investigados pela sua atividade antimicrobiana e antibiofilme, incluindo efeitos contra *S. mutans*, atuando como fontes de energia e componentes estruturais em microrganismos, além de modular interações célula-superfície, influenciando a adesão, a coesão celular e a formação dos biofilmes (Alyami *et al.*, 2024).

Os mecanismos potenciais de ação antimicrobiana incluem a ruptura da membrana bacteriana, associada à natureza lipofílica dos compostos, a interferência na expressão gênica de vias de sobrevivência e resposta ao estresse, incluindo a inibição de fatores de virulência mediada por *quorum sensing*, bem como a modulação de processos celulares e da atividade enzimática. Além disso, a incorporação de lipídios exógenos pode alterar a composição e a permeabilidade da membrana, comprometendo a função celular e a viabilidade bacteriana (Nicol *et al.*, 2018; Herndon *et al.*, 2018).

Em termos de efeito antibiofilme específico contra *S. mutans*, alguns estudos indicam redução da biomassa de biofilme formado por essa espécie quando exposto a certos triacilgliceróis (mono e tri), com possível diminuição de fatores de virulência como produção de ácido e comunicação entre células levando a biofilmes menos estáveis (Ham; Kim, 2016).

A maior parte das evidências disponíveis provém de estudos *in vitro*, sendo necessária confirmação em modelos *in vivo* e ensaios clínicos para elucidar doses, segurança, biodisponibilidade e efeitos à longo prazo. Também é fundamental avaliar respostas da microbiota oral e o impacto sobre espécies não-alvo. No caso do babaçu, futuras pesquisas devem identificar quais cadeias de ácidos graxos nos triacilgliceróis conferem maior atividade antimicrobiana e antibiofilme e otimizar formulações seguras para aplicação clínica.

7.3.4 Amostra 322

Em relação aos espectros de RMN ^1H da amostra 322, os resultados também revelam a presença de misturas, indicando que múltiplos compostos coexistem na fração analisada. Já os espectros de RMN ^{13}C não apresentaram qualidade

suficiente para permitir uma avaliação confiável sobre a presença de misturas esteroidais. Essa limitação pode estar associada à baixa concentração dos compostos ou à complexidade da matriz, dificultando a resolução dos sinais. Apesar disso, os dados obtidos sugerem que investigações adicionais, possivelmente envolvendo técnicas complementares como HPLC ou espectrometria de massas, seriam necessárias para uma caracterização mais detalhada da amostra 322.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida em torno do mesocarpo do babaçu evidenciou a notável capacidade dessa espécie em produzir compostos bioativos com ação antimicrobiana expressiva, principalmente contra microrganismos de relevância clínica e odontológica. O estudo, conduzido com base em princípios de rigor científico e respeito às normas éticas e ambientais, demonstrou que os extratos obtidos a partir dessa matriz vegetal representam uma alternativa promissora frente ao crescente desafio da resistência bacteriana e às limitações impostas pelos antimicrobianos sintéticos tradicionais.

A análise das frações revelou que o EH foi o mais ativo, destacando-se pela ampla inibição observada sobre cepas de bactérias gram-positivas associadas à microbiota oral, como *S. salivarius*, *S. mutans*, *S. oralis* e *S. pyogenes*. Essas bactérias, frequentemente relacionadas a doenças como cárie dentária, gengivite e faringite, representam alvos importantes para o desenvolvimento de novos agentes terapêuticos. O extrato apresentou atividade tanto bactericida quanto bacteriostática em faixas de concentração consideradas relevantes para produtos naturais, indicando presença de moléculas com potência significativa mesmo em doses reduzidas.

A capacidade do extrato em interferir na formação de biofilmes bacterianos é um dos aspectos mais expressivos dos resultados obtidos. Em condições laboratoriais, observou-se uma diminuição consistente na produção do biofilme, especialmente em *S. mutans* e *S. oralis*, dois microrganismos fundamentais na colonização inicial da superfície dental e na formação da placa bacteriana.

Essa inibição, observada mesmo em concentrações inferiores às aquelas necessárias para impedir o crescimento microbiano, sugere uma ação específica sobre os mecanismos de adesão e de síntese dos polissacarídeos extracelulares, fundamentais para a estabilidade estrutural dos biofilmes. Tal característica é particularmente relevante no contexto odontológico, uma vez que os biofilmes conferem resistência aumentada às bactérias frente a antibióticos e antissépticos, sendo responsáveis pela persistência de infecções e inflamações de difícil controle.

Outro ponto de destaque foi a observação de um efeito sinérgico entre o EH e a CLX, um dos antissépticos mais utilizados em produtos odontológicos. O ICIF

obtido indicou uma interação altamente favorável, capaz de potencializar o efeito antimicrobiano global e, ao mesmo tempo, reduzir as doses necessárias de cada agente. Essa sinergia abre possibilidades práticas para o desenvolvimento de formulações combinadas, como enxaguatórios bucais, géis e soluções tópicas, que unam a eficácia da CLX com a biocompatibilidade e o caráter natural dos compostos extraídos do babaçu.

Os estudos de caracterização química das frações forneceram informações fundamentais sobre os compostos responsáveis pela atividade observada. Foram identificados principalmente triacilgliceróis e ácidos graxos, entre eles o ácido ricinoléico e o triacilglicerol 1,3-dimiristoil-2-oleoil-glicerol. Essas substâncias, de natureza predominantemente lipofílica, apresentam reconhecida capacidade de interagir com a membrana plasmática bacteriana, promovendo desorganização estrutural e aumento da permeabilidade celular. Essa interação culmina na lise das células e consequente morte bacteriana, o que explica, em parte, a expressiva atividade observada frente às bactérias Gram-positivas.

A identificação da oleamida em uma das amostras analisadas levantou a hipótese de contaminação advinda de materiais plásticos durante o processamento. Tal ocorrência ressalta a importância de um controle rigoroso nas etapas de manipulação e armazenamento de amostras, especialmente quando se busca a caracterização precisa de compostos químicos em produtos naturais. Apesar dessa limitação pontual, a constatação de substâncias lipofílicas com comprovada ação antimicrobiana e antibiofilme reforça a relevância farmacológica do mesocarpo do babaçu e indica caminhos promissores para futuras investigações.

Os resultados obtidos nesta pesquisa se alinham a um movimento crescente de valorização da biodiversidade brasileira como fonte de moléculas bioativas. O babaçu, amplamente distribuído em ecossistemas do Nordeste e da Amazônia maranhense, é um exemplo notável de espécie que combina importância econômica, social e científica. O aproveitamento do seu mesocarpo, frequentemente considerado um subproduto do extrativismo, confere valor agregado a uma cadeia produtiva tradicional, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais e fomentando o desenvolvimento de biotecnologias de base vegetal.

Além da relevância ambiental e socioeconômica, o estudo sobre o babaçu evidencia o potencial científico dos produtos naturais como alternativa aos

antimicrobianos convencionais. O aumento da resistência bacteriana tem se tornado uma preocupação global, e a busca por novas substâncias com ação terapêutica eficaz e baixo risco toxicológico é um dos grandes desafios da farmacologia contemporânea. Nesse cenário, os compostos obtidos do mesocarpo de *A. speciosa* podem representar uma importante contribuição para a pesquisa e o desenvolvimento de novos fármacos e formulações odontológicas.

Ainda que os resultados laboratoriais sejam promissores, é essencial reconhecer a necessidade de estudos complementares em modelos *in vivo* e em contextos clínicos. Somente com a comprovação da eficácia, segurança e estabilidade dessas substâncias em sistemas biológicos mais complexos será possível avançar para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos e cosméticos baseados nesses extratos. Também se torna indispensável a padronização dos métodos de extração, a purificação dos compostos isolados e a confirmação estrutural por técnicas analíticas de maior precisão, de modo a garantir reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados.

A integração entre o conhecimento científico moderno e o saber tradicional sobre o uso do babaçu nas comunidades extrativistas reforça a importância da pesquisa interdisciplinar e da conservação da biodiversidade como patrimônio nacional. O potencial terapêutico identificado no mesocarpo do babaçu transcende o âmbito acadêmico e abre espaço para aplicações industriais e farmacêuticas concretas, contribuindo tanto para a inovação científica quanto para o fortalecimento de economias locais sustentáveis.

Assim, o conjunto de evidências obtidas permite afirmar que o mesocarpo do babaçu constitui uma fonte promissora de compostos com propriedades antimicrobianas e antibiofilme de relevância clínica. A associação entre eficácia biológica, origem natural e possibilidade de uso sustentável posiciona essa espécie como um recurso estratégico na busca por soluções inovadoras para o enfrentamento das infecções bacterianas e da resistência microbiana. A continuidade de estudos sobre sua composição química, mecanismos de ação e aplicações tecnológicas poderá consolidar o babaçu como um dos principais representantes da biodiversidade brasileira no cenário da pesquisa farmacêutica e biotecnológica contemporânea.

Em síntese, o trabalho realizado reafirma o imenso potencial do patrimônio natural do Brasil para o desenvolvimento científico e tecnológico. O mesocarpo do

babaçu, antes subvalorizado, revela-se como um recurso multifuncional capaz de unir ciência, sustentabilidade e inovação, representando um passo importante na construção de alternativas naturais e eficazes para a saúde humana e para o uso racional dos recursos biológicos.

REFERÊNCIAS

- AL-MULLA, E. A. J. *et al.* Enzymatic synthesis of fatty amides from palm olein. *Journal of Oleo Science*, v. 59, n. 2, p. 59–64, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.59.59>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos/59/2/59_2_59/article. Acesso em: 03 out. 2025.
- AKOH, C. C.; MIN, D. B. (ed.). *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. 3rd. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420046649>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420046649/food-lipids-david-min-casimir-akoh>. Acesso em: 15 set. 2015.
- ALBIERO, D. *et al.* Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. *Acta Amazonica*, v. 37, n. 3, p. 337–346, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300004>. Disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/37-3/BODY/v37n3a04.html>. Acesso em: 11 fev. 2012.
- ALMEIDA, M. L. *et al.* Resistência bacteriana: uma ameaça global. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 6, n. 5, p. 19741–19748, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n5-028>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/62740>. Acesso em: 10 ago. 2025.
- ALYAMI, M. T. *et al.* Effect of medium-chain triglycerides oil on *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*. *Antibiotics*, v. 13, n. 12, p. 1231, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics13121231>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/13/12/1231>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- AMORIM, E. *et al.* Efeito do uso tópico do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu) na cicatrização de feridas cutâneas. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 21, supl. 2, p. 67–76, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-86502006000800011>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/lil-440769>. Acesso em: 17 abr. 2012.
- ARAÚJO, T. S.; CRUZ, M. L. B.; MENDES, L. M. S. Análise das formas de uso do solo e cobertura vegetal da APA da Serra da Meruoca/CE. In: *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2013, Foz do Iguaçu. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <https://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.52.23/doc/p0679.pdf>. Acesso em: 07 set. 2015.
- ARARUNA, F. B. *et al.* Green syntheses of silver nanoparticles using babassu mesocarp starch (*Attalea speciosa*) and antimicrobial applications. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 13, p. 100281, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100281>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215153219302181>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ARCIOLA *et al.* Biofilm formation in *Staphylococcus* implant infections. A review of molecular mechanisms and implications for biofilm-resistant materials.

Biomaterials, v. 33, n. 26, p. 5967–5982, 2012. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2012.05.031>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22695065>. Acesso em: 04 nov. 2025.

ATAZHANOVA, G. A. *et al.* Inhibition of the biofilm formation of plant

Streptococcus mutans. *Pharmaceuticals*, v. 17, n. 12, p. 1613, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.3390/ph17121613>. Disponível em: [https://www.mdpi.com/1424-](https://www.mdpi.com/1424-8247/17/12/1613)

[8247/17/12/1613](https://www.mdpi.com/1424-8247/17/12/1613). Acesso em: 14 ago. 2025.

BARROQUEIRO, Â. T. L. S. *et al.* The anti-infective and immunologic effect of babassu reduces MRSA mortality. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 320, p.

117363, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117363>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37944870/>. Acesso em: 09 jul. 2018.

BARROQUEIRO, E. S. B. *et al.* Immunomodulatory and antimicrobial activity of babassu mesocarp improves the survival in lethal sepsis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2016, p. 1–8, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1155/2016/2859652>. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5007311/>. Acesso em: 09 jul. 2018.

BAUER, L. C. *et al.* Physicochemical characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. *Food Research International*, v. 137, p. 109474, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109474>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920304993>. Acesso em: 01 abr. 2025.

BEHR, A.; GOMES, J. P. The refinement of renewable resources: New important derivatives of fatty acids and glycerol. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 112, n. 1, p. 31–50, 2010. DOI:

<https://doi.org/10.1002/ejlt.200900091>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejlt.200900091>. Acesso em: 14 ago. 2025.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. *Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 53 p. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/277417>. Acesso em: 02 mar. 2012.

BIESKI, I. G. C. *et al.* Ethnobotanical study of medicinal plants by population of Valley of Jurueña Region, Legal Amazon, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 173, p. 383–423, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.025>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874115300428>.

Acesso em: 12 ago. 2018.

BJARNSHOLT, T. The role of bacterial biofilms. *APMIS*, v.121, supl. 136, p. 1–54, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/apm.12099>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/apm.12099>. Acesso em: 22 nov. 2025.

BOWDEN, G. H. W.; ELLWOOD, D. C.; HAMILTON, I. R. Microbial ecology of the oral cavity. In: *Advances in Microbial Ecology*, v. 3, p. 135–217, 1979. DOI:

<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8279-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-8279-3>. Acesso em: 10 set. 2015.

BOWEN, W. H. *et al.* Oral biofilms and polymicrobial interactions in microenvironments. *Trends in Microbiol*, v. 26, n. 3, p. 229–242, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.09.008>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5834367/>. Acesso em: 12 jan. 2019

BRANDA, S. S. *et al.* Biofilms: the matrix revisited. *Trends in Microbiol*, v. 13, n. 1, p. 20–26, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2004.11.006>. Disponível em:

<https://sci-hub.se/10.1016/j.tim.2004.11.006>. Acesso em: 11 fev. 2015.

BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 ago. 2002. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4339.htm. Acesso em: 24 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura. *Comercialização e Abastecimento*. 2016.

Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/comercializacao-agricola>. Acesso em: 25 ago. 2012.

BRASIL. MAPA. *Diretrizes técnicas para boas práticas de manejo florestal não madeireiro da palmeira babaçu*. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos*. Brasília, DF, 2006. Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_fitoterapicos.pdf. Acesso em: 07 mar. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Farmacopeia Brasileira*. 5. ed. Brasília: ANVISA, 2010.

Disponível em: <http://bibliotecadigital.anvisa.gov.br/jspui/handle/anvisa/12395>. Acesso em: 07 mar. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Plano de ação nacional para a prevenção e o controle da resistência aos antimicrobianos em serviços de saúde*. Brasília, DF, 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia->

[microbiana/pnpciras-e-pan-servicos-de-saude/pan-servicos-de-saude-2023-2027-final-15-12-2023.pdf](#). Acesso em: 22 jan.2025.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *International Journal of Food Microbiology*, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160504001680>. Acesso em: 13 abr. 2015.

CAESAR, L. K. *et al.* Metabolomics and genomics in natural products research: complementary tools for targeting new chemical entities. *Natural Product Reports*, v. 38, p. 2041–2065, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1039/D1NP00036E>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/np/d1np00036e>. Acesso em: 15 jul. 2025.

CARLSON, E. Aumento da infecção por *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens* e em camundongos por *Candida albicans*. *Infection and Immunity*. v. 39, n1, p.193-197, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1128/iai.39.1.193-197.1983>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/iai.39.1.193-197.1983>. Acesso em: 14 abr. 2015.

CARNEIRO, B. L. A. *et al.* Estudo da estabilidade do extrato hidrossolúvel "leite" de babaçu (*Orbygnia speciosa*) pasteurizado e armazenado sob refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 1, p. 232–236, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-334/13>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/XZzBgqWPTg5LXCdVzw7SvWp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2015.

CARNEIRO, M. I. F. *et al.* Evaluation of babassu mesocarp meal in feed for broiler chickens. *Ars Veterinaria*, v. 29, n. 3, p. 175–182, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2013v29n3p175-182>. Disponível em: <https://www.arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/522/875>. Acesso em: 15 abr. 2015.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C.; SILVA, M. L. *Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu*. 2. ed. Brasília: ISPN, 2012. Disponível em: <https://ispn.org.br/wp-content/uploads/2018/10/ManualTecnologicoBabacu.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2012.

CHAUDHARI, L. K. *et al.* Antimicrobial activity of commercially available essential oils against *Streptococcus mutans*. *Journal of Contemporary Dental Practice*, v. 13, n. 1, p. 71–74, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1098>. Disponível em: <https://www.thejcdp.com/doi/10.5005/jp-journals-10024-1098>. Acesso em: 16 abr. 2015.

CHAVES, D. S. *et al.* Presença de *Streptococcus mutans* resistente a antimicrobianos em mulheres com obesidade/sobrepeso atendidas em um núcleo de odontologia. *E-Acadêmica*, v. 3, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52076/eacad-v3i3.365>. Disponível em: <https://eacademica.org/eacademica/article/view/365>. Acesso em: 24 nov. 2025.

CIOFU, O. *et al.* Tolerance and resistance of microbial biofilms. *Nature Reviews Microbiology*, v. 20, p. 621-635, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00682-4>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41579-022-00682-4>. Acesso em: 04 out. 2025.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociencias*, v. 9, n. 1–2, p. 67–71, 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/678989/1/2796191SM.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). *Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard – ninth edition (M07-A9)*. Wayne, PA: CLSI, 2012. Disponível em: <https://share.google/q58l2KHeQ2W5JuSmd>. Acesso em: 24 ago. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 22 nov. 2015.

CORAÇA-HUBER, D. C. *et al.* Antibacterial and anti-biofilm activity of mega-3 polyunsaturated fatty acids against periprosthetic joint infections-isolated multi-drug resistant strains. *Biomedicines*, v. 9, n. 4, p. 334, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines9040334>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9059/9/4/334>. Acesso em: 21 nov. 2025.

COSTA, M. C. P. *et al.* Development and characterization of photoprotective nanoemulsions containing Babassu (*Attalea speciosa*) lipophilic extract. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 59, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-97902023e23011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjps/a/JnSLWh8XbftdgshSy7tnLHr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 nov. 2025.

COURI, M. H. S.; GIADA, M. L. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. *Revista Ceres*, v. 63, n. 3, p. 297–304, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/ykGWf8QsW48yKSVPyF6NPHs/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 12, p. 564–582, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1128/cmr.12.4.564>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/cmr.12.4.564>. Acesso em: 11 jul. 2018.

CUSSOLIM, P. A. *et al.* Mecanismos de resistência do *Staphylococcus aureus* a antibióticos. *Revista Faculdades do Saber*, v. 6, n. 12, p. 831–843, 2021. Disponível em: <https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/120/89>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DA CRUZ, L. N. *et al.* Effects of fermentation on the bioactive, functional, and technological characteristics of babassu and Brazil nut flours. *Journal of Food Science*, v. 90, n. 9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70554>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.70554>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DANTAS, S. B. S.; ALVES, F. A. M.; CHAPLA, V. M. Chemical diversity and biotechnological potential of endophytic fungi isolated from Brazilian cerrado plants. *Biota Neotropica*, v. 21, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1804>. Acesso em: 24 nov. 2025.

DA RÓS, P. C. M. *et al.* Biodiesel from babassu oil: Characterization of the product obtained by enzymatic route accelerated by microwave irradiation. *Industrial Crops and Products*, v. 52, p. 313–320, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.013>. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.indcrop.2013.11.013>. Acesso em: 09 jul. 2018.

DE ARRUDA, J. C.; DA SILVA, C. J.; SANDER, N. L. Conhecimento e uso do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) por quilombolas em Mato Grosso. *Fragmentos de Cultura – Revista Interdisciplinar de Ciências Humanas*, Goiânia, v. 24, n. 2, p. 239–252, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18224/frag.v24i2.3307>. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/fragmentos/article/view/3307>. Acesso em: 01 ago. 2018.

DE OLIVEIRA, A. I. *et al.* Chemical Composition and Antimicrobial Potential of Palm Leaf Extracts from Babaçu (*Attalea speciosa*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), and Macaúba (*Acrocomia aculeata*). *The Scientific World Journal*, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/9734181>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/9734181>. Acesso em: 01 ago. 2018.

DEWHIRST, F. E. *et al.* The human oral microbiome. *Journal of Bacteriology*, v. 192, n. 19, p. 5002–5017, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1128/JB.00542-10>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jb.00542-10>. Acesso em: 05 out. 2025.

DIMOU, I. *et al.* Development of a herbal mouthwash containing a mixture of essential oils and plant extracts and *in vitro* testing of its antimicrobial efficiency against the planktonic and biofilm-enclosed cariogenic bacterium *Streptococcus mutans*. *Biofouling*, v. 37, n. 4, p. 397–409, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/08927014.2021.1924693>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08927014.2021.1924693>. Acesso em: 03 out. 2025.

DI PASQUA, R. *et al.* Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 7, p. 2745–2749, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf052722l>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf052722l>. Acesso em: 10 ago. 2018.

DI PASQUA, R. *et al.* Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 12, p. 4863–4870, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0636465>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0636465>. Acesso em: 10 ago. 2018.

ELLWANGER, J. H.; NOBRE, C. A.; CHIES, J. A. Brazilian biodiversity as a source of power and sustainable development: A neglected opportunity. *Sustainability*, v. 15, n. 1, p. 482, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010482>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/482>. Acesso em: 04 out. 2025.

EMBRAPA. *Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa*. Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 23–26. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/51263/1/Doc2.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

FABRICANT, D. S.; FARNSWORTH, N. R. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives*, v. 109, supl. 1, p. 69–75, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1240543/>. Acesso em: 04 out. 2025.

FERREIRA, A. J. A. O Babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. *Ciências Humanas em Revista*, São Luís, v. 3, n. 2, dez. 2005.

FLEMMING, H. C.; WINGENDER, J. The biofilm matrix. *Nature Reviews Microbiology*, v. 8, p. 623–633, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2415>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2415>. Acesso em: 11 nov. 2015.

FRANCISCO, C. M.; FERREIRA, S. A. F. Phytotherapeutics and medicinal plants: use among the elderly in the control of chronic diseases. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 23, n. 3, p. 131–139, 2021. DOI: <https://doi.org/10.70151/jvpfav56>. Disponível em: <https://rbpm.emnuvens.com.br/revista/article/view/87>. Acesso em: 01 set. 2025.

FRAZÃO, J. *O babaçu: aspectos econômicos e ecológicos*. São Luís: Editora Universitária, 1992.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 01 dez. 2016.

FUX, C. A. *et al.* Survival strategies of infectious biofilms. *Trends in Microbiology*, v. 13, n. 1, p. 34–40, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2004.11.010>. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.tim.2004.11.010>. Acesso em: 28 nov. 2016.

GOGOS, A.; FEDERLE, M. J. Colonization of the Murine Oropharynx by *Streptococcus pyogenes* is governed by the Rgg2/3 quorum sensing system *Infection and Immunity*, v. 88, n. 10, p.14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1128/IAI.00464-20>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/iai.00464-20>. Acesso em: 02 set. 2025.

GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 72, n. 3, p. 353–358, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v72p3532005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/crnzsB6wskJm4ZnRJgSpwLP/?lang=pt>. Acesso em: 15 ago. 2018.

GUO, L. *et al.* Natural products of medicinal plants: biosynthesis and bioengineering in post-genomic era. *Horticulture Research*, v. 9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/hr/uhac223>. Disponível em: <https://academic.oup.com/hr/article/doi/10.1093/hr/uhac223/6726628?login=false>. Acesso em: 11 set. 2025.

HAHLADAKIS, J. N. *et al.* An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, v. 344, p. 179–199, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941730763X?via%3Dihub>. Acesso em: 07 set. 2025.

HAJISHENGALLIS, G.; LAMONT, R. J. Beyond the red complex and into more complexity: the polymicrobial synergy and dysbiosis (PSD) model of periodontal disease etiology. *Molecular Oral Microbiology*, v. 27, n. 6, p. 409–419, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2041-1014.2012.00663.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2041-1014.2012.00663.x>. Acesso em: 10 set. 2025.

HALL-STOODLEY, L.; COSTERTON, J. W.; STOODLEY, P. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n. 2, p. 95–108, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro821>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro821>. Acesso em: 22 nov. 2025.

HAM, Y.; KIM, T.-J. Inhibitory activity of monoacylglycerols on biofilm formation in *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus mutans*, *Xanthomonas oryzae*, and *Yersinia enterocolitica*. *SpringerPlus*, v. 5, p. 1526, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3182-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40064-016-3182-5>. Acesso em: 16 ago. 2018.

HAMEED, A. Z.; LEE, S. J. Sustainable drag reduction of fatty acid amide-based oleogel surface under high-speed shear flows. *Advanced Materials Interfaces*, Weinheim, v. 10, n. 9, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/admi.202202057>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/admi.202202057>. Acesso em: 29 set. 2025.

HAMOUD, R. *et al.* Synergistic interactions in two-drug and three-drug combinations (thymol, EDTA and vancomycin) against multi drug resistant bacteria including *E. coli*. *Phytomedicine*, v. 21, n. 4, p. 443–447, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2013.10.016>. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.phymed.2013.10.016>. Acesso em: 15 mar. 2014.

HERDIYATI, Y. *et al.* Potential fatty acid as antibacterial agent against oral bacteria of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* from Basil (*Ocimum americanum*): In vitro and in silico studies. *Current Drug Discovery Technologies*, v. 18, n. 4, p. 532–541, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2174/1570163817666200712171652>. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/article/108099>. Acesso em: 29 nov. 2025.

HERNDON, J. L. *et al.* Exogenous polyunsaturated fatty acids (PUFAs) promote changes in growth, phospholipid composition, membrane permeability and virulence phenotypes in *Escherichia coli*. *BMC Microbiology*, v. 18, art. 117, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1259-8>. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1186/s12866-020-01988-0>. Acesso em: 29 set. 2025.

HØIBY, N. *et al.* Antibiotic resistance of bacterial biofilms. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v. 35, n. 4, p. 322–332, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2009.12.011>. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.ijantimicag.2009.12.011>. Acesso em: 22 nov. 2025.

HORTENSE, F. S. R. *et al.* Uso da clorexidina como agente preventivo e terapêutico na Odontologia. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*. v.22, n.2, p.178-184, 2010. Disponível em: https://arquivos.cruzeirodosuleducacional.edu.br/principal/old/revista_odontologia/pdf/maio_agosto_2010/unicid_22_02_178_84.pdf. Acesso em: 16 ago. 2018.

HOSSAN, M. S. *et al.* Antibacterial effects of 18 medicinal plants used by the Khyang tribe in Bangladesh. *Pharmaceutical Biology*, v. 56, n. 1, p. 201–208, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/13880209.2018.1446030>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13880209.2018.1446030>. Acesso em: 08 jan. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Quantidade produzida na extração vegetal, por tipo de produto extrativo*. Brasília: IBGE, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 ago. 2016.

INPE/CPTEC – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. *Dados meteorológicos*, 2010–2015. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 18 ago. 2016.

JAKUBOVICS, N. S.; KOLENBRANDER, P. E. The road to ruin: the formation of disease-associated oral biofilms. *Oral Diseases*, v. 16, n. 8, p. 729–739, nov. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2010.01701.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-0825.2010.01701.x>. Acesso em: 11 jan. 2019.

JUG, U. *et al.* Interference of oleamide with analytical and bioassay results. *Scientific Reports*, v. 10, p. 2163, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59093-1>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-59093-1>. Acesso em: 14 set. 2025.

KAMIYA, R. U.; TAIETE, T.; GONÇALVES, R. B. Mutacins of *Streptococcus mutans*. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 42, n. 4, p. 1248–1258, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/SyR539sXtGq7kBdGVJMLJHc/?format=html&lang=en>. Acesso em: 15 jan. 2019.

KASHI, M. *et al.* Natural compounds: new therapeutic approach for inhibition of *Streptococcus mutans* and dental caries. *Frontiers in Pharmacology*, v. 16, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1548117>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2025.1548117>. Acesso em: 07 set. 2025.

KHAN, M.; ALKHATHLAN, H. Z.; KHAN, S. T. Antibiotic and antibiofilm activities of *Salvadora persica* L. essential oils against *Streptococcus mutans*: A detailed comparative study with chlorhexidine digluconate. *Pathogens*, v. 9, n. 1, p. 66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9010066>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/1/66>. Acesso em: 01 out. 2025.

KOLENBRANDER, P. E. *et al.* Oral multispecies biofilm development and the key role of cell–cell distance. *Nature Reviews Microbiology*, v. 8, n. 7, p. 471–480, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2381>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2381>. Acesso em: 18 ago. 2018.

KOO, H.; XIAO, J.; KLEIN, M. I. Extracellular polysaccharides matrix — an often forgotten virulence factor in oral biofilm research. *International Journal of Oral Science*, v. 1, n. 4, p. 229–234, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4248/IJOS.09086>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ijos200930.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

KRZYŚCIAK, W. *et al.* The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, v. 33, n. 4, p. 499–515, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-013-1993-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10096-013-1993-7>. Acesso em: 14 nov. 2015.

KUETE, V. Potential of Cameroonian plants and derived products against microbial infections: a review. *Planta Medica*, v. 76, n. 14, p. 1479–1491, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250027>. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0030-1250027>. Acesso em: 14 nov. 2015.

LAMONT, R.J.; KOO, H.; HAJISHENGALLIS, G. The oral microbiota: dynamic communities and host interactions. *Nature Reviews Microbiology*, v. 16, n. 12, p. 745–759, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0089-x>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41579-018-0089-x>. Acesso em: 20 out. 2025.

LEAL, S. L. *et al.* Utilização de farinha de mesocarpo de babaçu (*Orbignya* sp.) para enriquecimento nutricional de pães. *Revista Brasileira de Pesquisa Agrária*, v. 13, n. 1, 2016.

LEWIS, R. E. *et al.* Comparison of Etest, chequerboard dilution and time-kill studies for the detection of synergy or antagonism between antifungal agents

tested against *Candida* species. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 49, n. 2, p. 345–351, fev. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jac/49.2.345>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jac/article/49/2/345/719635>. Acesso em: 26 ago. 2012.

LI, M. et al. Development and characterization of ricinoleic acid-based sulfhydryl thiol and ethyl cellulose blended membranes. *Carbohydrate Polymers*, v. 175, p. 131–140, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.07.069>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861717308457?via%3Dihub>. Acesso em: 09 ago. 2018.

LINDSAY, A. K.; HOGAN, D. A. *Candida albicans*: Molecular interactions with *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Oral Biosciences*, v. 28, n. 4, p. 85–96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2014.10.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1749461314000293>. Acesso em: 14 abr. 2015.

LIM, G. H. et al. Fatty acid- and lipid-mediated signaling in plant defense. *Annual Review of Phytopathology*, v. 55, p. 505–536, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035406>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-phyto-080516-035406>. Acesso em: 16 jan. 2019.

LIMA, J. R. O. et al. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. *Química Nova*, v. 30, p. 600–603, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300019>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300019. Acesso em: 25 ago. 2012.

LIMA, A. M. et al. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. *Revista Árvore*, v. 30, n. 4, p. 645–650, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/9Hdhrsm5Vjh9RZ7vSkqx9sw/?lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2012.

LIMA, R. C. et al. Green ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds of babassu (*Attalea speciosa*) mesocarp: Effects of solid-liquid ratio extraction, antioxidant capacity, and antimicrobial activity. *Applied Food Research*, v. 3, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100331>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502223000689?via%3Dihub>. Acesso em: 10 set. 2025.

LIU, Y. et al. Differential oxidative stress tolerance of *Streptococcus mutans* isolates affects competition in an ecological mixed-species biofilm model. *Environmental Microbiology Reports*, v. 10, n. 1, p. 12–22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12600>. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1758-2229.12600>. Acesso em: 17 jan. 2019.

LORENZI, H. *Plantas brasileiras: arborismo, arbustos e palmeiras*. São Paulo: Instituto Plantarum, 1996.

LORENZI, H. *et al. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura*. São Paulo: Instituto Plantarum, 2004.

LORENZI, H. *Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)*. 1. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2010. 367 p.

LORENZI, H. *et al. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. 117 p.

MACDONALD, K. W. *et al. Streptococcus salivarius* inhibits immune activation by periodontal disease pathogens. *BMC Oral Health*, v. 21, n. 245, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01606-z>. Disponível em: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-021-01606-z>. Acesso em: 15 out. 2025.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. *Revista Ceres*, v. 53, n. 308, p. 463–470, 2006. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3169>. Acesso em: 21 ago. 2012.

MACHADO, J. F. *et al. Antibiotic Activity Potentiation and Physicochemical Characterization of the Fixed Orbignya speciosa Almond Oil against MDR Staphylococcus aureus and Other Bacteria*. *Antibiotics*, v. 8, n. 1, p. 28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics8010028>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/8/1/28>. Acesso em: 22 out. 2025.

MACHADO, B. S. *et al. Propriedades funcionais da farinha do mesocarpo do coco babaçu: alternativa nutricional contra Covid-19? Research Society and Development*, v. 10, n. 2, 2021. DOI: [10.33448/rsd-v10i2.12851](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12851). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/349716144>. Acesso em: 06 ago. 2025.

MAGNUSON, B. *et al. Review of the regulation and safety assessment of food substances in various countries and jurisdictions. Food Additives & Contaminants: Part A*, v. 30, n. 7, p. 1147–1220, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.795293>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19440049.2013.795293>. Acesso em: 09 ago. 2025.

MALTBY, A.; RUXTON, P. The use of fatty acid amides as combined slip and anti-block additives. *Polymers and Polymer Composites*, v. 7, n. 8, p. 537–543, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1177/0967391119990708537>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0967391119990708537>. Acesso em: 12 set. 2025.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Babaçuais no Brasil: levantamento técnico*. Brasília, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 03 dez. 2012.

MARSH, P. D. Are dental diseases examples of ecological catastrophes? *Microbiology*, v. 149, n. 2, p. 279–294, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1099/mic.0.26082-0>. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/mic.0.26082-0>. Acesso em: 25 ago. 2018.

MARSH, P. D. Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. *BMC Oral Health*, v. 6, supl. 1, p. S14, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6831-6-S1-S14>. Disponível em: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-6-S1-S14>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MARSH, P. D.; HEAD, D. A.; DEVINE, D. A. Ecological approaches to oral biofilms: control without killing. *Caries Research*, v. 49, supl. 1, n. 1, p. 46–54, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1159/000377732>. Disponível em: <https://www.karger.com/Article/FullText/377732>. Acesso em: 25 ago. 2018.

MARSH, P. D.; ZAURA, E. Dental biofilm: ecological interactions in health and disease. *Journal of Clinical Periodontology*, v. 44, supl. 18, p. S12–S22, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12679>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcpe.12679>. Acesso em: 24 ago. 2018.

MARTINS, N. L. P. et al. Análise comparativa da cicatrização da pele com o uso intraperitoneal de extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu): estudo controlado em ratos. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 21, supl. 3, p. 66–75, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-86502006000900010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/acb/a/K993Q5xfLrw4wBR6gx9gkMt/?lang=pt>. Acesso em: : 21 ago. 2018.

MAY, P.; VEIGA NETO, F. C.; CHEVES POZO, O. V. Valoração econômica da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 90 p. Disponível em: <https://share.google/peQkqhMeOmepCyacw>. Acesso em: 13 set. 2015.

MCKINNEY, M. K.; CRAVATT, B. F. Structure and function of fatty acid amide hydrolase. *Annual Review of Biochemistry*, v. 74, p. 411–432, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.74.082803.133450>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.biochem.74.082803.133450>. Acesso em: 05 ago. 2025.

MELO, E. et al. First study on the oxidative stability and elemental analysis of babassu (*Attalea speciosa*) edible oil produced in Brazil using a domestic extraction machine. *Molecules*, v. 24, n. 23, p. 4235, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24234235>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/23/4235>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MELO, J. G.; SANTOS, A. G.; AMORIN, E. L. C. Phytochemical and pharmacological notes of plants indicated to treat tumors in Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 21, n. 4, p. 744–753, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000116>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/rLy9bkZjgrvYlWc8qP9ZdHB/?lang=en>. Acesso em: 11 dez. 2012.

MICLEA, I. Secondary metabolites with biomedical applications from plants of the Sarraceniaceae family. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 17, p. 9877, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23179877>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/17/9877>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MIRANDA, I. P. A. *et al.* Frutos de Palmeiras da Amazônia. Manaus: MCT/INPA, 2001. 120 p.

NASCIMENTO, F. R. F. *et al.* Macrophage activation induced by *Orbignya phalerata* Mart. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 103, supl 1, p. 53–58, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.06.045>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16154304/>. Acesso em: 15 ago. 2012.

NAZZARO, F. *et al.* Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, v. 6, n. 12, p. 1451–1474, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph6121451>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8247/6/12/1451>. Acesso em: 13 abr. 2015.

NETO, A. A. C. *et al.* Utilização de farinha de mesocarpo de babaçu (*Orbignya* sp.) no preparo de massa alimentícia fresca tipo talharim. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 7, n. 1, p. 105–115, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308129717>. Acesso em: 10 mai. 2018.

NICOL, M. *et al.* Unsaturated fatty acids affect quorum sensing communication system and inhibit motility and biofilm formation of *Acinetobacter baumannii*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 1, p. 214, 2018 DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19010214>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/1/214>. Acesso em: 03 set. 2025.

NITBANI, F. O. *et al.* Preparation of ricinoleic acid from castor oil: a review. *Journal of Oleo Science*, v. 71, n. 6, p. 781–793, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.ess21226>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos/71/6/71_ess21226/article. Acesso em: 13 abr. 2025.

NOBBS, A. H.; JENKINSON, H. F.; EVERETT, D. B. Generic determinants of *Streptococcus* colonization. *Infection, Genetics and Evolution*, v. 33, p. 361–370, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.09.018>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25246075/>. Acesso em: 19 mai. 2018.

NUNES, M. R. S.; MARTINELLI, M.; PEDROSO, M. M. Epoxidação do óleo de mamona e derivados empregando o sistema catalítico VO(acac)₂/TBHP. *Química Nova*, v. 31, n. 4, p. 818–821, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000400021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ydHMvKg76bCNtkHZ8Xr7RGD/?lang=pt>. Acesso em: 02 jun. 2012.

OLIVEIRA, S. T. *Uso do peptídeo sintético Lys-a1 no favorecimento da atividade antimicrobiana de ciprofloxacina contra Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027*. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/26265>. Acesso em: 18 jan. 2015.

PAIXÃO, L. C. et al. Aplicações farmacêuticas e bioprodutos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.ex x Spreng): Revisão. *Revista de Ciências da Saúde*, v. 21, n. 2, p. 119–130, 2019. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rcisaude/article/view/11732/9445>. Acesso em: 01 jul. 2025.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *Relatório sobre a situação da saúde bucal no mundo: rumo à cobertura universal até 2030*. Genebra: OMS, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484>. Acesso em: 29 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. *Resistência aos antimicrobianos nas Américas: relatório 2024*. Washington, D.C.: OPAS, 2024. Disponível em: <https://www.paho.org/es/ram-portal>. Acesso em: 01 jul. 2025.

ORHAN, I. E. Pharmacognosy: Science of natural products in drug discovery. *Bioimpacts*, v. 4, n. 3, p.109-110, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15171/bi.2014.001>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4204033/>. Acesso em: 19 jan. 2015.

O'TOOLE, G. A. Microtiter dish biofilm formation assay. *Journal of Visualized Experiments*, v. 47, p. 2437, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3791/2437>. Disponível em: <https://www.jove.com/t/2437/microtiter-dish-biofilm-formation-assay>. Acesso em: 05 jan. 2012.

OUTTERSON, K. Estimating the appropriate size of global pull incentives for antibacterial medicines. *Health Affairs*, v. 40, n. 11, p. 1758–1765, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2021.00688>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34724432/>. Acesso em: 18 out. 2025.

PABIŚ, S.; KULA, J. Synthesis and bioactivity of (R)-ricinoleic acid derivatives: A review. *Current Medicinal Chemistry*, v. 23, n. 35, p. 4037–4056, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2174/0929867323666160627104453>. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/article/76850>. Acesso em: 04 set. 2025.

PARK, J.; SEO, E.; KIM, Y. H. et al. Oleamide–PDMS copolymer for coating urinary catheters with anti-adhesive and anti-biofilm properties. *Molecular & Cellular Toxicology*, v. 20, p. 661–669, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13273-023-00380-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13273-023-00380-z>. Acesso em: 21 set. 2025.

PATEL, V. R. et al. Castor oil: properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production. *Lipid Insights*, v. 9, p. 1–12, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4137/LPI.S40233>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.4137/LPI.S40233>. Acesso em: 04 set. 2025.

PEIXOTO, A. R. *Plantas oleaginosas arbóreas*. São Paulo: Nobel, 1973. 282 p.

PINEDO, A. A. *et al.* Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 405–411, 2013.

PINHEIRO, E. T. *et al.* Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal*, v. 36, n. 1, p. 1–11, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00603.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2591.2003.00603.x>. Acesso em: 01 out. 2015.

PORRO, R. Palms, pastures, and swidden fields: the grounded political ecology of “agro extractive/shifting cultivator peasants” in Maranhão, Brazil. *Human Ecology*, v. 33, n. 1, p. 17–56, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-005-1654-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10745-005-1654-2>. Acesso em: 17 mai. 2012.

PROTÁSIO, T. P. *Biomassa residual do coco babaçu: potencial de uso bioenergético nas regiões norte e nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia (RIUFRA), 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/727>. Acesso em: 11 mar. 2015.

RATHER, M. A.; GUPTA, K.; MANDAL, M. Microbial biofilm: formation, architecture, antibiotic resistance, and control strategies. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 52, n. 4, p. 1701-1718, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00624-x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34558029/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

RATHEE, M.; SAPRA, A. Dental caries. In: *StatPearls*. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing, 2025. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551699/>. Acesso em: 29 out. 2025

RIBEIRO, E. B. *et al.* Microemulsion of babassu oil as a natural product to improve immune system function. *Drug Design, Development and Therapy*, v. 9, p. 21–31, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2147/DDDT.S73756>. Disponível em: <https://www.dovepress.com/microemulsion-of-babassu-oil-as-a-natural-product-to-improve-human-imm-peer-reviewed-fulltext-article-DDDT>. Acesso em: 06 fev. 2018.

PROTÁSIO, T. P. *Biomassa residual do coco babaçu: potencial de uso bioenergético nas regiões norte e nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia (RIUFRA), 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/727>. Acesso em: 09 abr. 2015.

RIOS, I. C. Síntese e caracterização de novas moléculas derivadas da mistura de ácidos graxos do óleo da mamona (*Ricinus communis* L.) para aplicação em biolubrificantes. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal do

Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/60002>. Acesso em: 02 set. 2025.

ROBERTS, F. A.; DARVEAU, R. P. Microbial protection and virulence in periodontal tissue as a function of polymicrobial communities: symbiosis and dysbiosis. *Periodontology 2000*, v. 69, n. 1, p. 18–27, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1111/prd.12087>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/prd.12087>. Acesso em: 05 fev. 2018.

RODRIGUES, L. D.; FABRÍCIO, L. F. Pão de forma sem glúten elaborado com farinha do mesocarpo do babaçu e farinha de arroz. Trabalho apresentado no I Congresso Brasileiro de Nutrição Estácio – CONBRANE e no I Encontro de Pesquisadores Nutrição Estácio, Ponta Mar Hotel, Fortaleza/CE, 2016.

SANTIAGO, F. S. Babaçu. *Agroanalysis*, 1985, p. 17–20.

SANTOS, J. A. A. *et al.* *In vitro* and *in vivo* wound healing and anti-inflammatory activities of babassu oil (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng., Arecaceae).

Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, v. 2020, n.1, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8858291>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2020/8858291>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SANTOS NETA, E. R. *et al.* Níveis de inclusão da torta de babaçu em rações de frangos de corte na fase inicial. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 1, p. 234–243, 2011. Disponível em:

<https://share.google/ysBVG42koWBRMPnEH>. Acesso em: 14 jan. 2012.

SAWHNEY, R.; BERRY, V. Bacterial biofilm formation, pathogenicity, diagnostics and control. *Indian Journal of Medical Sciences*, v. 63, n. 7, p. 313–321, 2009.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19700915/>. Acesso em: 06 fev. 2018.

SCHEIBE, C. L. *et al.* *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) and *Orbignya phalerata* Mart. (Babassu): effect on cecorraphy healing in rats. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 31, n. 6, p. 402–410, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-865020160060000007>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27355748/>. Acesso em: 20 set. 2018.

SERRA, J. L. *et al.* Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. *Food Research International*, v. 116, p. 12–19, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.028>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918309724?via%3Dihub>. Acesso em: 12 out. 2025.

SHIKANOV, A. *et al.* Poly(sebacic acid-co-ricinoleic acid) biodegradable carrier for paclitaxel: *in vitro* release and *in vivo* toxicity. *Journal of Biomedical Materials Research – Part A*, v. 69, n. 1, p. 47–54, 2004. DOI:

<https://doi.org/10.1002/jbm.a.20101>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbm.a.20101>. Acesso em: 03 set. 2025.

SLIVNIAK, R.; DOMB, A. J. Macrolactones and polyesters from ricinoleic acid. *Biomacromolecules*, v. 6, n. 3, p. 1679–1688, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/bm049194r>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bm049194r>. Acesso em: 11 nov. 2025.

SMITH, R. M. Before the injection—modern methods of sample preparation for separation techniques. *Journal of Chromatography A*, v. 1000, n. 1–2, p. 3–27, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00511-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00511-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967303005119>. Acesso em: 30 jan. 2012.

SMITH, D. J.; MATTOS-GRANER, R. O. Secretory immunity following *Streptococcus mutans* infection or immunization. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, v. 319, p. 131–156, 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-73900-5_6. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-73900-5_6. Acesso em: 06 fev. 2018.

SIMÕES, J. C. P. (Org.) *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SNYDER, L. R.; KIRKLAND, J. J. *Introduction to modern liquid chromatography*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. Disponível em: <https://share.google/4BBx4XWE9ZZlyrJet>. Acesso em: 30 jan. 2012.

SOLER, M. P.; VITALI, A. de A.; MUTO, E. F. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL; São Paulo: [s.n.], 2007. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 27, n. 4, p. 717–722. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/9ShsJPGbPtd4nccB6ML4bDz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2018.

SOUZA, M. H. S. L. *et al.* Ethnopharmacological use of babassu (*Orbignya phalerata* Mart) in communities of babassu nut breakers in Maranhão, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 133, n.1, p. 1–5, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.08.056>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037887411000629X?via%3DiHub>. Acesso em: 02 mai. 2012.

SPATAFORA, G. *et al.* The Evolving Microbiome of Dental Caries. *Microorganisms*, v. 12, n. 1, p. 121, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010121>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/12/1/121>. Acesso em: 08 jun. 2025.

SURYA, I. *et al.* The Strength and Reinforcement Behaviors of Styrene Butadiene Rubber Silica Compound with Oleamide as Palm Oil Based Rubber Additive. *Proceedings of the 2nd International Conference on Science Education and Sciences (ICSSES 2022)*, 2023. DOI: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-232-3_14. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icses-22/125989941>. Acesso em: 01 ago. 2025.

TAKAHASHI, N.; NYVAD, B. The role of bacteria in the caries process: ecological perspectives. *Journal of Dental Research*, v. 90, n. 3, p. 294–303, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022034510379602>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022034510379602>. Acesso em: 14 abr. 2015.

TEIXEIRA, M. A. Biomassa de babaçu no Brasil. In: AGRENER. *Anais NIPE-UNICAMP*. Campinas, 2002. p. 210–220. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100032&script=sci_arttext. Acesso em: 14 jul. 2012.

TEIXEIRA, G. L.; IBAÑEZ, E.; BLOCK, J. M. Emerging lipids from Arecaceae palm fruits in Brazil. *Molecules*, v. 27, n. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27134188>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/13/4188>. Acesso em: 23 set. 2025.

THURNHEER, T.; BELIBASAKIS, G. N. Streptococcus oralis maintains homeostasis in oral biofilms by antagonizing the cariogenic pathogen Streptococcus mutans. *Molecular Oral Microbiology*, v. 33, n. 3, p. 234–239, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/omi.12216>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/omi.12216>. Acesso em: 03 jun. 2025.

UDDIN, T. M. et al. Antibiotic resistance in microbes: history, mechanisms, therapeutic strategies and future prospects. *Journal of Infection and Public Health*, v. 14, n. 12, p. 1750–1766, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.10.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034121003403?via%3Dihub>. Acesso em: 10 set. 2025.

UPADHYAY, A. et al. Combating pathogenic microorganisms using plant-derived antimicrobials: A minireview of the mechanistic basis. *BioMed Research International*, v. 2014, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/761741>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2014/761741>. Acesso em: 21 abr. 2012.

VALLI, M.; RUSSO, H. M.; BOLZANI, V. S. The potential contribution of natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 1, supl. 1, p. 763–778, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170653>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/4By5tyDMXRcCvx8kD9GwLnr/?lang=en>. Acesso em: 08 jun. 2025.

VEIGA JÚNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. Plantas medicinais: cura segura? *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 519–528, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000300026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/CHhgMPvgfDyKcv9XD3HSBsc/?lang=pt>. Acesso em: 11 jul. 2018.

VERMA, D.; GARG, P. K.; DUBEY, A. K. Insights into the human oral microbiome. *Archives of Microbiology*, v. 200, p. 525–540, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00203-018-1505-3>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-018-1505-3>. Acesso em: 27 abr. 2025.

SHAPIRO, S. The inhibitory action of fatty acids on oral bacteria. *Oral Microbiology and Immunology*, v. 11, n. 5, p. 350-355, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-302x.1996.tb00193.x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9028262/>. Acesso em: 01 dez. 2025.

VIEIRA, D. R. P. et al. Plantas e constituintes químicos empregados em Odontologia. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 16, n. 1, p. 135–167, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000100020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/NPqgLXpnh7LQxhRqg4zCKqF/?lang=pt#>. Acesso em: 05 ago. 2015.

VIVACQUA FILHO, A. *Babaçu: aspectos socioeconômicos e tecnológicos*. Brasília: Universidade de Brasília, 1968. 217 p.

WEN, Z. T. et al. Biofilm formation and virulence expression by *Streptococcus mutans* are altered when grown in dual-species model. *BMC Microbiology*, v. 10, p. 111, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-111>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2180-10-111>. Acesso em: 10 jan. 2025.

WILHELMS, C. *Babaçu: riqueza inexplorada; possibilidade para a intensificação das exportações brasileiras através das ofertas*. Traduzido por Roberto Tamara. Rio de Janeiro: CACEX, 1964.

WINK, M. Plant secondary metabolism: diversity and its evolution. *Natural Product Communications*, v. 3, n.8, p. 1205-1216, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300801>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242689614_Plant_Secondary_Metabolism_Diversity_Function_and_its_Evolution. Acesso em: 27 abr. 2012.

WHITE, R. L. et al. Comparison of three different *in vitro* methods of detecting synergy: Time kill, checkerboard, and E test. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 40, n. 8, p. 1914–1918, ago. 1996. <https://doi.org/10.1128/aac.40.8.1914>. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aac.40.8.1914>. Acesso em: 02 set. 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Antimicrobial resistance: global report on surveillance 2025. Geneva: WHO, 2025. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/139d068a-1086-43f7-a47d-575d0118d034/content>. Acesso em: 13 nov. 2025.

XU, C.; SHANKLIN, J. Triacylglycerol metabolism, function, and accumulation in plant vegetative tissues. *Annual Review of Plant Biology*, v. 67, p. 179–206, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043015-111641>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-arplant-043015-111641>. Acesso em: 08 jun. 2025.

XU, J. S. *et al.* The effect of eugenol on the cariogenic properties of *Streptococcus mutans* and dental caries development in rats. *Experimental and Therapeutic Medicine*, v. 5, n. 6, p. 1667–1670, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2013.1066>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23837051/>. Acesso em: 29 jan. 2025.

ZANATTA, F. B.; RÖSING, C. K. Clorexidina: Mecanismo de ação e evidências atuais de sua eficácia no contexto do biofilme supragengival. *Scientific-A*, v. 21, n. 1, p. 35-43, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/290798560_Clorexidina_Mecanismo_de_acao_e_evidencias_atuais_de_sua_eficacia_no_contexto_do_biofilme_supragengival. Acesso em: 07 jul. 2015.

ZHAI, X. *et al.* Success stories of natural product-derived compounds from plants as multidrug resistance modulators in microorganisms. *RSC Advances*, v. 13, n. 12, p. 7798–7817, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1039/d3ra00184a>. Disponível em:

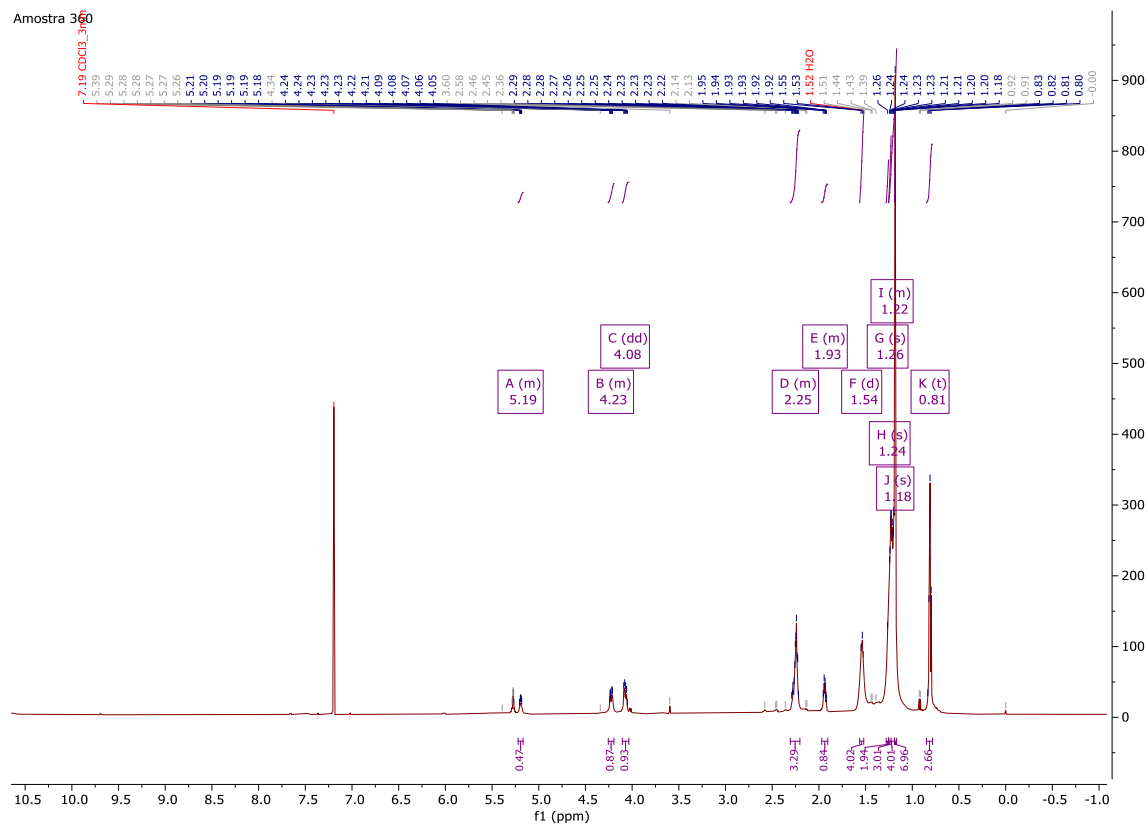
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ra/d3ra00184a>. Acesso em: 01 ago. 2025.

ZHANG, Q. *et al.* Molecular mechanisms of inhibiting glucosyltransferases for biofilm formation in *Streptococcus mutans*. *International Journal of Oral Science*, v. 13, n. 30, p. 13-30, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00137-1>.

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41368-021-00137-1>. Acesso em: 11ago. 2025.

ZYLBERSTAJN, D. (Coord.) *Reorganização do agronegócio do babaçu no estado do Maranhão*. São Paulo: Grupo PENSA–USP, 2000. 108 p. (Relatório técnico).

APÊNDICE A - ESPECTRO DE RMN DE ^1H 600 MHZ EM CDCl_3 DA AMOSTRA 360



APÊNDICE B – ESPECTRO HOMONUCLEAR CORRELATION SPECTROSCOPY (COSY) EM CDCl_3 DA AMOSTRA 360

