

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 27/04/2028.

PEDRO HENRIQUE SILVA DE ROSSI

**FILMES ORAIS DE ÁGAR-ÁGAR COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DA POLPA
DE JATOBÁ COMO CARREADORES PARA LIBERAÇÃO DE COMPOSTOS
FENÓLICOS TOTAIS**

Botucatu

2026

PEDRO HENRIQUE SILVA DE ROSSI

**FILMES ORAIS DE ÁGAR-ÁGAR COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DA POLPA
DE JATOBÁ COMO CARREADORES PARA LIBERAÇÃO DE COMPOSTOS
FENÓLICOS TOTAIS**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Unesp Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Biotecnologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Vitor Augusto S.
Garcia

Coorientador(a): Profa. Dra. Camila da
Silva

Botucatu

2026

R833f

Rossi, Pedro Henrique Silva de

Filmes orais de ágar-ágar com extrato hidrossolúvel da polpa de jatobá como carreadores para liberação de compostos fenólicos totais / Pedro Henrique Silva de Rossi. -- Botucatu, 2026
60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Vitor Augusto S. Garcia

Coorientadora: Camila da Silva

1. Jatobá. 2. Matriz polimérica. 3. Compostos fenólicos. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

Espera-se que os resultados deste estudo gerem contribuições significativas em diversas esferas. No âmbito técnico-inovador, a formulação de filmes de desintegração oral a partir de matrizes naturais potencializa a economia de base tecnológica e promove o conhecimento sobre espécies do Cerrado/Amazônia. A pesquisa projeta uma relevante inserção nacional e regional, estimulando o desenvolvimento sustentável e a soberania científica. Além disso, o caráter educacional da investigação reforça a cultura de preservação e uso inteligente da flora brasileira, criando pontes para colaborações internacionais e para o progresso da pesquisa em sistemas de liberação de compostos bioativos.

Potential Impact of this research

The findings of this study are expected to yield significant contributions across multiple sectors. From a techno-innovative perspective, the formulation of oral disintegration films using natural matrices enhances the technology-based economy and advances knowledge regarding Cerrado and Amazon species. This research envisions a meaningful national and regional impact, fostering sustainable development and scientific sovereignty. Furthermore, the educational nature of this investigation reinforces a culture of preservation and the sustainable use of Brazilian flora, establishing pathways for international collaborations and the advancement of research in bioactive compound delivery systems.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **FILMES ORAIS DE ÁGAR-ÁGAR COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DA POLPA DE JATOBÁ COMO CARREADORES PARA LIBERAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS**

AUTOR: PEDRO HENRIQUE SILVA DE ROSSI

ORIENTADOR: VITOR AUGUSTO DOS SANTOS GARCIA

COORDENADOR: COORDENADORA: CAMILA DA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. VITOR AUGUSTO DOS SANTOS GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Pós-Doutora FERNANDA DIAS DA SILVA (Participação Virtual)
Engenharia de Alimentos / Universidade Federal da Paraíba

Prof.ª Dr.ª PRICILA VEIGA DOS SANTOS (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 27 de abril de 2026.



Renan Codeco da Silva

Assistente Técnico Administrativo I da Seção Técnica de Pós-Graduação
Instituto de Biociências de Botucatu

Instituto de Biociências - Câmpus de Botucatu
Rua Doutor Antonio Carlos Wagner Zanin, 1007, 13651-860
<https://www.ibb.unesp.br/biociencias/pós-graduação/programas-stricto-sensu/biotecnologia/> - CNPJ: 49031918/0002258

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força invisível que me guiou.

Ao meu pai, que partiu cedo demais, mas deixou em mim raízes de coragem e amor eterno. Cada conquista minha também é sua.

À minha mãe e à minha família, que são porto seguro, fé e esperança.

Ao meu orientador e à minha coorientadora, pela sabedoria, paciência e por me ensinarem que ciência também é generosidade.

Aos amigos e colegas, que dividiram risos, cafés e silêncios, transformando a caminhada em aprendizado vivo. Com carinho especial a aluna de Iniciação Científica, Tais da Silva Santos.

Este trabalho é resultado de muitas mãos, corações e histórias. Sou grato a cada um que, direta ou indiretamente, deixou sua marca nesta jornada.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e caracterização de filmes de desintegração oral à base de ágar-ágar, incorporando extrato hidroetanólico da polpa de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) como fontes de compostos fenólicos bioativos. O objetivo foi avaliar o potencial desses filmes como sistemas inovadores para liberação controlada de antioxidantes naturais, visando aplicações nutracêuticas e farmacêuticas. A polpa de jatobá, rica em fibras, minerais, vitamina C e compostos fenólicos, foi processada para obtenção de pó e extrato hidroetanólico, posteriormente incorporados em diferentes concentrações à matriz polimérica de ágar-ágar, com glicerol como plastificante. Os filmes foram produzidos pelo método de tape *casting*, padronizados e submetidos a análises físico-químicas, incluindo avaliação visual, espessura, parâmetros de cor, pH de superfície e teor de compostos fenólicos totais. Os resultados demonstraram que a incorporação da polpa integral promoveu alterações cromáticas marcantes, aumento da espessura e elevação do conteúdo fenólico total, evidenciando o potencial antioxidante e antimicrobiano dos filmes. Por outro lado, o uso do extrato hidroetanólico resultou em filmes mais translúcidos e homogêneos, com maior previsibilidade na liberação dos bioativos. Ambas as abordagens mostraram vantagens distintas: a polpa contribui para a atratividade visual e sensorial, enquanto o extrato favorece a uniformidade estrutural e o controle de liberação. Conclui-se que o jatobá é um insumo funcional versátil para formulações orais bioativas, com potencial para aplicações em suplementos nutracêuticos e produtos farmacêuticos. Os achados fornecem base para estudos futuros sobre atividade antioxidante, estabilidade e aprimoramento das propriedades mecânicas dos filmes.

Palavras-chave: jatobá; matriz polimérica; compostos fenólicos.

ABSTRACT

This work presents the development and characterization of rapidly disintegrating agar-agar oral films incorporating jatobá pulp (*Hymenaea courbaril* L.) pulp and hydroethanolic extract as sources of bioactive phenolic compounds. The objective was to evaluate the potential of these films as innovative systems for the controlled release of natural antioxidants, targeting nutraceutical and pharmaceutical applications. Jatobá pulp, rich in fiber, minerals, vitamin C, and phenolic compounds, was processed to obtain powder and hydroethanolic extract, subsequently incorporated at different concentrations into the agar-agar polymer matrix, with glycerol as a plasticizer. The films were produced by the *tape-casting* method, standardized, and subjected to physicochemical analyses, including visual evaluation, thickness, color parameters, surface pH, and total phenolic compound content. The results demonstrated that the incorporation of whole pulp promoted marked chromatic changes, increased thickness, and increased total phenolic content, highlighting the antioxidant and antimicrobial potential of the films. Conversely, the use of the hydroethanolic extract resulted in more translucent and homogeneous films, with greater predictability in the release of bioactives. Both approaches demonstrated distinct advantages: the pulp contributes to visual and sensory appeal, while the extract favors structural uniformity and release control. It is concluded that jatobá is a versatile functional ingredient for bioactive oral formulations, with potential applications in nutraceutical supplements and pharmaceutical products. The findings provide a basis for future studies on antioxidant activity, stability, and improvement of the mechanical properties of the films.

Keywords: jatobá; polymeric matrix; phenolic compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Conhecimento atual sobre os usos tradicionais, fitoquímicos e farmacológicos do gênero <i>Hymenaea</i>	15
Figura 2 - Mecanismo de ação dos filmes de desintegração oral (ODFs) na cavidade bucal (gerado por algoritmo de inteligência artificial)	18
Figura 3 - Esquema comparativo dos métodos de produção de filmes orais: Casting e Tape-Casting	21
Figura 4 - Produção e caracterização dos filmes de desintegração oral	30
Figura 5 - Fluxograma do processamento da polpa de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.)	31
Figura 6 - Pó da polpa de jatobá	32
Figura 7 - Desenho experimental da produção dos filmes de desintegração oral	33
Figura 8 - Tape Casting para espalhar as soluções filmogênicas	34
Figura 9 - Filme de desintegração oral com e sem adição de extrato hidroalcoólico da polpa de jatobá (EHPJ), sendo: (A) Controle; (B) 30g de EHPJ /100 g de solução filmogênica e (C) 50g de EHPJ /100 g de solução filmogênica	39
Figura 10 - Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) das superfícies e regiões de criofratura dos filmes de ágar-ágar contendo 0 g, 30 g e 50 g de extrato hidroetanólico da polpa de jatobá	48
Figura 11 - Liberação de compostos fenólicos totais em função do tempo de extração	49
Figura 12 - Infográfico do impacto potencial dos filmes orais de ágar-ágar com jatobá em diferentes esferas (nutracêutica, farmacêutica, biodiversidade e economia regional)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Polímeros utilizados na produção de filmes de desintegração oral	20
Tabela 2 - Polímeros utilizados e a técnica de produção para desenvolvimento de filmes de desintegração oral	22
Tabela 3 - Polímeros utilizados e a técnica de produção para desenvolvimento de filmes de desintegração oral	34
Tabela 4 - Parâmetros de cor, espessura, pH de superfície e dobramento dos filmes de desintegração de ágar-ágar com diferentes concentrações de extrato hidroalcoólico da polpa de jatobá (EHJ)	40
Tabela 5 - Teor de compostos fenólicos totais (CFT) e poder redutor de ferro (FRAP) dos filmes de desintegração de ágar-ágar com diferentes concentrações de extrato hidroalcoólico da polpa de jatobá (EHPJ)	44
Tabela 6 - Comparação de propriedades físico-químicas e teores fenólicos entre diferentes filmes de desintegração oral	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
CFT	Compostos Fenólicos Totais
CMC	<i>Carbox metil celulose sódica</i>
EAG	Equivalentes de Ácido Gálico
EHPJ	Extrato Hidroalcoólico da Polpa de Jatobá
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
ODFS	<i>Orodispersible Films</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO GERAL	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 FILMES DE DESINTEGRAÇÃO ORAL	17
3.2 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES DE DESINTEGRAÇÃO ORAL	19
3.3 JATOBÁ (<i>HYMENAEA COURBARIL L.</i>).....	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 MATERIAL.....	31
4.2 PRODUÇÃO DA POLPA DO PÓ DE JATOBÁ.....	31
4.3 PRODUÇÃO DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DO PÓ DA POLPA DE JATOBÁ.....	32
4.4 PRODUÇÃO DOS FILMES DE DESINTEGRAÇÃO ORAL	32
4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES DE DESINTEGRAÇÃO ORAL.....	35
4.5.1 Avaliação visual	35
4.5.2 Massa e espessura.....	35
4.5.3 Umidade	35
4.5.4 Parâmetros de Cor.....	36
4.5.5 pH de superfície.....	36
4.5.6 Tempo de desintegração	36
4.5.7 Resistência ao Dobramento.....	37
4.5.8 Liberação <i>in vitro</i> de Compostos Fenólicos Totais	37
4.5.9 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	38
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES DE DESINTEGRAÇÃO ORAL COM ADIÇÃO DE EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA POLPA DE JATOBÁ (EHPJ)	39
5.1.1 Avaliação visual e Parâmetros de Cor	39
5.1.2 Espessura.....	40
5.1.3 pH da superfície.....	42
5.1.4 Dobramento	43
5.1.5 Compostos Fenólicos Totais (CFT) e Capacidade Antioxidante (FRAP)	44
5.1.6 Comparação com a Literatura	46
5.1.7 Microscopia Eletrônica de Varredura	47

5.1.8 Liberação de Compostos Fenólicos	48
5.2 IMPACTO POTENCIAL DA PESQUISA.....	50
6 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por sistemas de liberação controlada de compostos ativos tem impulsionado o desenvolvimento de novas formas farmacêuticas, como os filmes orais (Pereira; Oliveira; Denadai, 2022), que apresentam diversas vantagens em relação a outras formas de administração de medicamentos (comprimidos e cápsulas), como facilidade de administração, rápida dissolução na cavidade bucal e potencial para melhorar a biodisponibilidade de princípios ativos, especialmente em populações com dificuldades de deglutição (Avila *et al.*, 2022).

Sistemas baseados em ODFs (Orodispersible Films) articulam-se, fundamentalmente, em torno de dois eixos: o princípio ativo, que detém a finalidade farmacológica, e o polímero formador de filme. Este último atua como o arcabouço do dispositivo, sendo o suporte físico necessário para garantir a coesão estrutural e a integridade da formulação (Irfan *et al.*, 2016). Estimuladores de saliva também podem ser utilizados, pois favorecem a desintegração na cavidade oral, e mascaradores de sabor, tais como aromatizantes e edulcorantes, são utilizados para minimizar o gosto amargo (Irfan *et al.*, 2016). Adicionalmente, outros ingredientes podem ser adicionados como agentes corantes com finalidade estética, e outros excipientes como surfactantes, inibidores enzimáticos, agentes espessantes e estabilizantes, que contribuem para a funcionalidade e estabilidade da formulação (Irfan *et al.*, 2016).

Propriedades como espalhabilidade e resistência mecânica são critérios fundamentais na escolha dos agentes formadores de filme. Segundo Hoffmann, Breitenbach e Breitzkreutz (2011), a seleção desses componentes é complexa devido ao antagonismo funcional exigido: o material deve exibir fragilidade suficiente para uma pronta dissolução salivar, mantendo, simultaneamente, integridade estrutural que permita sua manipulação segura sem riscos de ruptura. A manipulação desses polímeros, seja em monossistemas ou em composições combinadas, busca elevar o desempenho do filme.

Sobre a capacidade de hidratação e a maleabilidade do sistema, além de mitigar sabores desagradáveis e acelerar a cinética de dissolução do produto acabado. A concentração de polímeros pode variar de acordo com os métodos de produção e com a natureza dos compostos ativos incorporados, influenciando propriedades como

resistência mecânica, tempo de desintegração e pH superficial (Santos Garcia *et al.*, 2022).

A otimização de atributos como flexibilidade e solubilidade em filmes poliméricos é frequentemente alcançada por meio da combinação criteriosa de polímeros em variadas dosagens (Garcia *et al.*, 2020). Como exemplo, o ágar-ágar é amplamente empregado na estruturação dessas matrizes, sendo sua performance mecânica comumente aprimorada pela associação com outros polímeros naturais ou derivados (Sousa, 2023). Complementarmente, o uso de glicerol como plastificante é determinante para ajustar a espessura e aumentar a resistência à ruptura, características essenciais para sistemas destinados à entrega de compostos ativos (Pretto *et al.*, 2023).

Extraído de algas vermelhas pertencentes à classe Rhodophyceae, o ágar-ágar constitui uma matriz biopolimérica cuja funcionalidade estrutural e capacidade de gelificação derivam da interação entre as frações de agarose e agarpectina (Silva *et al.*, 2014). Sua inércia biológica, somada à aptidão para originar géis termorreversíveis de elevada rigidez, viabiliza sua aplicação recorrente no desenvolvimento de filmes poliméricos com propósitos biomédicos e farmacotécnicos (Correia, 2016; Shah *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2020; Ghosal *et al.*, 2022). Sob a ótica do desempenho mecânico, Pretto *et al.* (2023) destacam que dispositivos baseados em ágar-ágar exibem resistência à tração na faixa de 15–16 MPa, aliada a um potencial hidrofílico considerável (349–555%), parâmetros que otimizam a retenção e a subsequente entrega modulada de agentes bioativos.

A incorporação de ingredientes naturais, especialmente frutas ricas em compostos bioativos, tem se destacado como uma estratégia promissora para enriquecer filmes de desintegração oral com propriedades funcionais adicionais. Frutas nativas brasileiras, como o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), apresentam elevado potencial nutracêutico devido à presença expressiva de compostos fenólicos, flavonoides e outros antioxidantes naturais. Scaramussa *et al.* (2022) quantificaram elevados teores de compostos fenólicos totais em extratos hidroalcoólicos de sementes de jatobá, alcançando 5135,61 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de resíduo seco, além de importante atividade antioxidante. Complementarmente, Spera *et al.* (2019) identificaram concentrações de flavonoides totais de 442,25 mg equivalentes de rutina/g de extrato seco, evidenciando o expressivo potencial antioxidante da espécie.

Esses compostos podem conferir benefícios à saúde, incluindo ação antioxidante e antimicrobiana, além de contribuir para a estabilidade oxidativa de matrizes poliméricas bioativas. Estudos anteriores também demonstraram o potencial de extratos de frutas brasileiras, como a jabuticaba, na produção de filmes biodegradáveis com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, utilizando matrizes poliméricas à base de carragena (Avila *et al.*, 2022).

A espécie *Hymenaea courbaril* L., conhecida popularmente como jatobá, possui ampla utilização tradicional e farmacológica nas regiões tropicais da América Latina. A polpa do fruto é consumida como fortificante natural, sendo indicada para o tratamento de fadiga, distúrbios respiratórios como bronquite e asma, além de constipação e dores abdominais (Boniface; Ferreira; Kaiser, 2017).

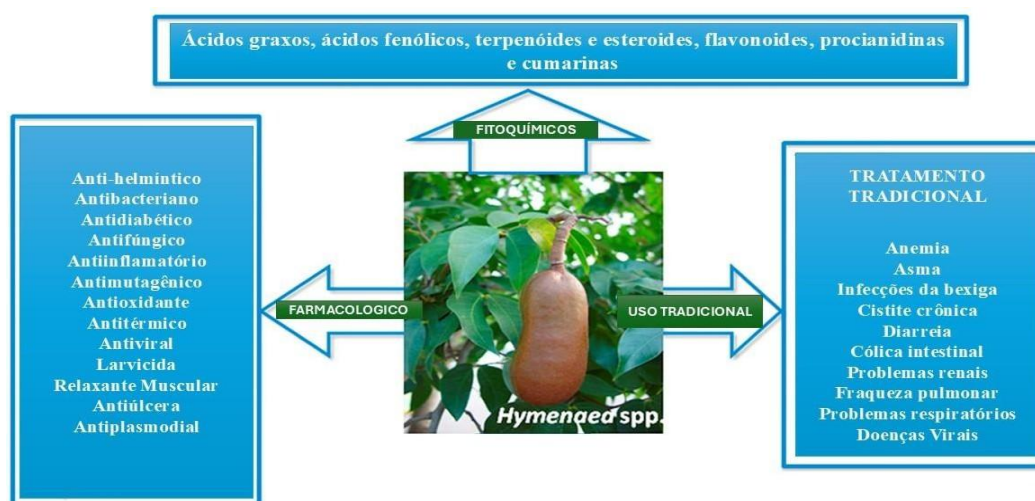
Do ponto de vista farmacológico, compostos isolados da polpa, casca e sementes de *Hymenaea courbaril* L. apresentam relevante atividade antimicrobiana frente a cepas como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas aeruginosa*, além de propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias amplamente associadas à presença de flavonoides, taninos condensados, procianidinas e diterpenos enantio-labdanóicos (Boniface; Ferreira; Kaiser, 2017; Scaramussa *et al.*, 2022). Boniface, Ferreira e Kaiser (2017) destacam que metabólitos secundários do gênero *Hymenaea*, especialmente flavonoides e diterpenos, desempenham papel central na atividade biológica da espécie, incluindo potencial anti-inflamatório e ação contra microrganismos patogênicos.

Adicionalmente, Scaramussa *et al.* (2022) observaram significativa inibição microbiana por extratos hidroalcoólicos de jatobá, reforçando sua aplicabilidade como fonte de compostos bioativos naturais. Esses achados fortalecem o potencial da polpa de jatobá como ingrediente funcional em formulações orais bioativas, especialmente em sistemas poliméricos como filmes à base de ágar-ágar e goma carragena, nos quais tais compostos podem ser incorporados para promover funcionalidade antioxidante, estabilidade e liberação controlada.

Com base nos dados apresentados, observa-se que a polpa do jatobá apresenta elevado potencial bioativo, especialmente pelas ações antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana que diversos estudos confirmam. As catequinas, chalconas e leucoantocianidinas se destacam no grupo dos flavonoides, com efeito protetor cardiovascular e combate ao estresse oxidativo (Cabral *et al.*, 2022). Os taninos condensados, como as procianidinas, exercem importante papel na neutralização de

radicais livres, com aplicações cosméticas e antienvhecimento (Boniface; Ferreira; Kaiser, 2017). Adicionalmente, o xilitol, naturalmente presente na polpa, possui propriedades anticariogênicas, ampliando as perspectivas de aplicação em produtos odontológicos (Oliveira *et al.*, 2016). A presença de saponinas e diterpenos enantiolabdanóicos reforça o valor terapêutico da polpa, com potencial para formulações orais bioativas, especialmente quando integrada a matrizes poliméricas como ágar-ágar e goma carragena (Figura 1).

Figura 1 - Conhecimento atual sobre os usos tradicionais, fitoquímicos e farmacológicos do gênero *Hymenaea*



Fonte: Adaptado de Boniface, Ferreira e Kaiser (2017).

Apesar dos avanços, há uma lacuna na literatura referente à utilização da polpa de jatobá na produção de filmes de desintegração oral e a exploração desse recurso pode não apenas valorizar uma fruta nativa de alto valor nutricional, mas também contribuir para o desenvolvimento de sistemas de liberação sustentáveis e eficazes.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que filmes orais de desintegração rápida à base de ágar-ágar, incorporados com polpa e extrato hidroetanólico da polpa de jatobá, constituem sistemas promissores para a veiculação de compostos fenólicos bioativos. A matriz de ágar mostrou-se adequada para formar filmes homogêneos, translúcidos e mecanicamente estáveis, compatíveis com a aplicação do filme de desintegração oral proposta.

A incorporação da polpa integral de jatobá promoveu incremento significativo do teor de compostos fenólicos totais, além de alterar de forma marcante os parâmetros de cor, conferindo coloração amarelada/alaranjada aos filmes e potencialmente favorecendo a atratividade visual do produto. Por outro lado, o extrato hidroetanólico da polpa resultou em filmes mais translúcidos e uniformes, com menor impacto sobre a opacidade e maior previsibilidade na distribuição dos bioativos na matriz polimérica.

Os ensaios de desintegração evidenciaram que todos os filmes desenvolvidos atenderam ao critério de desintegração rápida, reforçando a adequação da formulação como plataforma para liberação imediata na cavidade oral. Em conjunto com os resultados de pH de superfície, espessura e parâmetros de cor, esses achados indicam que as condições de processamento adotadas foram eficazes para obter sistemas estáveis, reprodutíveis e compatíveis com o uso oral.

A avaliação da cinética de liberação de compostos fenólicos revelou que tanto o tempo de extração quanto a massa de amostra influenciam diretamente a quantidade de fenólicos disponibilizada ao meio. A condição com 50 g de extrato apresentou liberação média aproximadamente 17,8% superior à de 30 g, mantendo, entretanto, coeficientes de variação inferiores a 10%, o que confirma a robustez do método analítico empregado. O perfil de liberação, com máximos observados entre 120 e 180 minutos, sugere um processo governado majoritariamente pela difusão em matriz hidrofílica, associado ao inchamento do ágar e à gradual penetração do solvente na estrutura do filme.

De forma geral, os resultados obtidos confirmam o jatobá como insumo funcional versátil para o desenvolvimento de filmes de desintegração oral, com potencial aplicação tanto em suplementos nutracêuticos quanto em sistemas farmacêuticos de liberação de antioxidantes. Além de agregar valor a uma espécie nativa brasileira, a proposta contribui para o avanço de tecnologias de liberação de compostos fenólicos

a partir de matrizes poliméricas naturais, alinhando-se a princípios de sustentabilidade e aproveitamento da biodiversidade.

Como perspectivas, recomenda-se a realização de estudos de estabilidade durante o armazenamento, avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana após a liberação, bem como ensaios de digestão in vitro e, futuramente, estudos in vivo, a fim de elucidar a bioacessibilidade e a biodisponibilidade dos compostos fenólicos veiculados pelos filmes. Investigações adicionais envolvendo outros polímeros naturais ou combinações poliméricas também podem ampliar a compreensão dos mecanismos de liberação e otimizar o desempenho tecnológico desses sistemas.

REFERÊNCIAS

AALIM, M.; RAZA, H.; KHAN, M. A.; KHAN, S. A. Fast dissolving oral films: A novel approach to drug delivery. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 10, n. 5, p. 2205–2212, 2019.

ALVES, F. M. S. *et al.* Desenvolvimento de filmes orodispersíveis contendo extrato de Aloe vera utilizando goma gelana e carragena. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA*, 2023, Curitiba: SBPC, 75,. **Anais [...]**. Curitiba: SBPC, 2023.

ARMISÉN, R.; GALATAS, F. Agar. *In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (eds.). Handbook of Hydrocolloids*. 2. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. p. 82-107.

AVILA, L. B. *et al.* Promising New Material for Food Packaging: An Active and Intelligent Carrageenan Film with Natural Jaboticaba Additive. **Foods**, v. 11, n. 6, 2022.

BALA, R.; KHANNA, S.; PAWAR, P. K. Polymers in fast dissolving oral films: a review. **Asian Journal of Pharmaceutics**, v. 7, n. 2, p. 67–75, 2013.

BALASUBRAMANIAN, J. *et al.* Formulation and evaluation of fast dissolving oral films of levocetirizine dihydrochloride. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 13, n. 2, p. 14-21, 2021.

BEZERRA, W. O. *et al.* Últimas descobertas e desenvolvimento de filmes poliméricos naturais: uma revisão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA*, 2024, Salvador, 63. **Anais [...]**. Salvador, 2024. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2024/trabalhos/5/A5T26091-1727112227.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BIDARI, S.; KUMAR, A.; SINGH, R. Effect of starch concentration on thickness and mechanical properties of biodegradable films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 165, p. 1200–1208, 2023.

BOATENG, J. S. *et al.* Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, Hoboken, v. 97, n. 8, p. 2892–2923, 2008.

BONIFACE, P. K.; FERREIRA, S. B.; KAISER, C. R. Current state of knowledge on the traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Hymenaea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 206, p. 193–223, 2017.

BORGES, A. F. *et al.* Oral films: current status and future perspectives: I—galenical development and quality attributes. **Journal of Controlled Release**, v. 172, n. 3, p. 502–521, 2013. (10.1016/j.jconrel.2015.03.006)

CABRAL, L. M. *et al.* Compostos bioativos em frutos nativos do Cerrado: potencial funcional e nutricional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n. 1, p. e-015, 2022.

CARRARA, Vanessa S. *et al.* Supercritical Fluid Extraction of Pyrrolidine Alkaloid from Leaves of Piper amalago L. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2017, p. 1-8, 2017.

CHENG, C. *et al.* Recent advances in carrageenan-based films for food packaging applications. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 2022.

CILURZO, F. *et al.* Fast dissolving films made of maltodextrins: a detailed study of the formulation. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 76, n. 3, p. 521–526, 2010.

CORREIA, M. F. **Produção e caracterização físico-química de filmes à base de colágeno bovino, ágar-ágar e agarose**. 2016. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16585>. Acesso em: 22 jul. 2025.

COSTA, M. G. *et al.* Caracterização físico-química e compostos bioativos de frutos de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 1, p. 3125-3141, 2020.

DAVIDSON, R.; ROUSSET, J. Oral Films: A multi-faceted drug delivery system and dosagem form. **ON Drug Delivery Magazine**, n. 88, p. 14-17, 2017.

DIAS, L. S.; LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipid fraction. **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 610-618, 2013.

EDO, M. A.; SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, T. C. Desenvolvimento de filmes orodispersíveis com extratos naturais: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 57, n. 2, p. 134–142, 2021.

FALLAH, R.; MOHAMMADI, M.; GHOLAMI, M. Color and antioxidant properties of biodegradable films incorporated with plant extracts. **Journal of Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, p. 100-108, 2025.

GARCIA, F. S. *et al.* Desenvolvimento de filmes poliméricos à base de ágar-ágar para liberação controlada de extratos vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 38, n. 1, p. 89–102, 2022.

GARCIA, V. A. S. *et al.* Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, e2019237, 2020.

GARCIA, V. A. S. *et al.* Physical-chemical and functional properties of biodegradable films based on starch and *Hymenaea courbaril* L. pulp. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 32, n. 2, p. e2022022, 2022.

GARSUCH, V.; BREITKREUTZ, J. Comparative investigations on different polymers for the preparation of fast-dissolving oral films. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 62, n. 4, p. 539–545, 2010.

GHOSAL, S. *et al.* Development of agar-based nanocomposite films for antimicrobial packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 209, p. 1230–1239, 2022.

HOFFMANN, E. M.; BREITENBACH, A.; BREITKREUTZ, J. Advances in orodispersible films for drug delivery. **Expert Opin. Drug Deliv.**, v. 8, p. 299–316, 2011.

IRFAN, M. *et al.* Orally disintegrating films: a modern expansion in drug delivery system. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 24, n. 5, p. 537–546, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2015.02.024>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2015.02.024>. Acesso em: 03 jun. 2026.

MAHAJAN, H. S.; KOKATE, V. B. Development and Characterization of oral dissolving films of tadalafil based on pregelatinized hydroxypropyl Pea Starch. **Indian Journal of Novel Drug Delivery**, v. 7, n. 3, p. 100–107, jul./set. 2015.

MAHAJAN, H. S.; SONJE, D. Lipid polymer hybrid nanoparticles: a novel platform for drug delivery. **Indian Journal of Novel Drug Delivery**, v. 15, n. 3, p. 122–131, jul./set. 2023.

KOCIRA, A.; KOZŁOWICZ, K.; PANASIEWICZ, K.; STANIAK, M.; SZPUNAR-KROK, MAHJAN, H. S.; KOKATE, C. K. Development and characterization of oral dissolving films of tadalafil based on pregelatinized hydroxypropyl starch. **International Journal of Novel Drug Delivery Technology**, v. 13, n. 2, p. 75–82, 2023.

MANHAR, S.; SURESH, P. K. Diltiazem-loaded buccoadhesive patches for oral mucosal delivery. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n. 8, p. 75–79, 2013. DOI: 10.7324/JAPS.2013.3813. Disponível em: https://japsonline.com/admin/php/uploads/1000_pdf.pdf. Acesso em: 03 jun. 2026.

MANIGLIA, B. C. *et al.* Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch: Physical, mechanical and antioxidant properties. **Food Hydrocolloids**, v. 92, p. 11–18, 2019.

MAURO, M. A. **Bioacessibilidade de compostos fenólicos e efeito prebiótico de farinhas de frutos do Cerrado e Pantanal sobre a microbiota colônica humana.** 2023. 167f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/handle/123456789/3257>. Acesso em: 2 set. 2025.

MENEZES FILHO, A. C. P. *et al.* Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado. **Multi-Science Journal**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33837/msj.v2i1.900>. Disponível em : <https://periodicos.ifgoiano.edu.br/multiscience/article/view/900>. Acesso em : 03 jun. 2026.

MOREIRA, M. M. *et al.* Abordagem terapêutica com filmes orodispersíveis em pacientes pediátricos. **Revista Científica da Área da Saúde – FASIPE**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2020.

NAFEE, N. A. *et al.* Chitosan-based films and coatings for drug delivery. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 456, n. 1, p. 10–21, 2013.

NAIR, R. *et al.* Natural polymers in fast dissolving films: a review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 9, n. 1, p. 57–62, 2011.

OLIVEIRA, J. V. A. *et al.* Xilitol em frutos nativos: avaliação da presença e potencial aplicação. **Campina Grande**, v. 18, n. 2, p. 123–130, 2016.

PALEZI, R. A. Filmes orodispersíveis: formulação, caracterização e aplicação de extratos vegetais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 104, n. 2, p. 45–58, 2023.

PEREIRA, D. T. D.; OLIVEIRA, T. M.; DENADAI, A. N. L. Uma Visão Geral Dos Sistemas De Liberação Controlada De Fármacos. **Journal Of Exact Sciences**, v. 35, n. 1, p. 11–16, out./dez. 2022.

PERUGINI, P. *et al.* Film-forming of pullulan for cosmetic and pharmaceutical applications. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 25, n. 4, p. 213–221, 2003.

PRABHU, P.; MALLI, R.; KOLAND, M.; VIJAYNARAYANA, K.; D'SOUZA U, HARISH N, SHASTRY C, CHARYULU R. Formulation and evaluation of fast dissolving films of levocetirizine di hydrochloride. **Int J Pharm Investig**, v. 1, n. 2, p. 99-104, 2011. doi: 10.4103/2230-973X.82417.

PREIS, M. *et al.* Design and evaluation of orally disintegrating films: a novel dosage form for pediatric use. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 84, n. 3, p. 551–559, 2013.

PRETTO, G. L. **Produção e caracterização de filmes poliméricos à base de ágar-ágar**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2023.

RESTA, M. S. A.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão estafilococos coagulase positiva estabelecido pela legislação brasileira para massas alimentícias. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 319–325, out./dez. 2013.

RIBEIRO, T. C. *et al.* Desenvolvimento de filmes orodispersíveis contendo insulina utilizando goma de caju e goma gelana. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências da Saúde**, v. 10, n. 2, p. 45–52, 2017.

RODRÍGUEZ, M. *et al.* Agar-based edible films as carriers of natural antioxidants: Development and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105–112, 2020.

SANTOS GARCIA, Vitor Augusto *et al.* Orally disintegrating films of biopolymers for drug delivery. Biopolymer Membranes and Films. *In*: SANTOS GARCIA, V. A. **Biopolymer Membranes and films**: health. Elsevier, 2020. p. 289-307.

SCARAMUSSA, S. R. *et al.* Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis incorporados com extratos vegetais: propriedades físico-químicas e funcionais. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 32, p. e2022022, 2022.

SHAH, A. *et al.* Biodegradable agar-based films for food packaging applications: A review. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 29, p. 305–320, 2021.

SILVA, Y. E. O. *et al.* Produção de filmes poliméricos baseados em ágar visando a produção de substitutos de pele. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 2014, Recife. **Anais [...]**. Recife: CBEB, 2014.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, San Diego, v. 299, p. 152–178, 1999.

SOUSA, M. C. Misturas poliméricas naturais para aplicações farmacêuticas: propriedades e desafios. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 44, n. 2, p. 215–223, 2023.

SPERA, K. D. *et al.* Genotoxicity, anti-melanoma and antioxidant activities of *Hymenaea courbaril* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, n. 1, p. e20180446, 2019.

VISSER, J. C. *et al.* Orally disintegrating films: developments, challenges and opportunities. **Drug Discovery Today**, v. 20, n. 10, p. 1234–1241, 2015.