

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LIPOSSOMAS CONTENDO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DE *CAMPOMANESIA XANTHOCARPA* O. BERG COM POTENCIAL ANTIOXIDANTE PARA APLICAÇÃO COSMÉTICA

Ândrea de Jesus Zanoni¹
Michael Ramos Nunes²

Resumo: A guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) é uma fruta nativa do Sul do Brasil reconhecida pelo elevado teor de compostos fenólicos e flavonoides, porém com exploração tecnológica ainda limitada devido à instabilidade desses compostos frente a fatores ambientais. Este trabalho teve como objetivo obter e caracterizar lipossomas contendo extrato hidroalcoólico de *C. xanthocarpa* com potencial antioxidante para aplicação cosmética. O extrato foi obtido por maceração em álcool 70%, centrifugação e concentração em rotaevaporador, e os lipossomas preparados pelo método de hidratação do filme lipídico com lecitina de soja e colesterol na proporção molar de 70:30. As caracterizações incluíram FTIR, fenólicos totais, atividade antioxidante por DPPH, tamanho de partícula e potencial Zeta por DLS, ensaio de liberação e avaliação das formulações cosméticas. O FTIR confirmou a presença de grupos funcionais característicos de compostos fenólicos e flavonoides. A atividade antioxidante foi de 80,8% para o extrato livre e 84,9% para o encapsulado, com o sistema lipossomal demonstrando maior estabilidade após quatro dias de armazenamento (55,1% contra 26,9%). O sistema lipossomal apresentou tamanho médio de 1451 ± 180 nm, PDI de $0,93 \pm 0,08$ e Potencial Zeta de $-3,9 \pm 0,1$ mV, indicando sistema heterogêneo com estabilidade coloidal limitada. As formulações cosméticas apresentaram pH entre 5,2 e 5,8 e características organolépticas adequadas. Conclui-se que a encapsulação lipossomal representa uma estratégia promissora para preservar a atividade antioxidante do extrato de guabiroba, sendo recomendada a otimização do processo de preparo em estudos futuros.

Palavras-Chave: Guabiroba. Atividade antioxidante. Compostos fenólicos. Lipossomas. Cosmético.

1 INTRODUÇÃO

O interesse por compostos naturais bioativos tem crescido nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, principalmente pela busca por ingredientes capazes de associar funcionalidade, segurança e menor impacto ambiental. Nesse contexto, extratos vegetais ricos em compostos fenólicos vêm sendo estudados devido à sua atividade antioxidante e ao potencial de aplicação em diferentes formulações (Silva, 2024; Romero *et al.*, 2018). Entre as espécies vegetais com potencial bioativo, destacam-se frutos nativos brasileiros ainda pouco explorados tecnologicamente, mas ricos em metabólitos de interesse. A valorização dessas espécies permite não apenas ampliar o uso de matérias-primas naturais, mas também agregar valor a recursos vegetais regionais com potencial funcional.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; andreazanoni.07@gmail.com

² Orientador - Docente do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; michael.nunes@ifsc.edu.br

Nesse cenário, a valorização de frutas nativas assume também relevância socioeconômica, especialmente em regiões onde essas espécies fazem parte da cultura local e da produção de pequenos agricultores. Em Santa Catarina, estado de ocorrência natural da guabiroba, o conhecimento tradicional sobre plantas alimentícias nativas, incluindo a espécie, ainda se mantém presente entre a população, sobretudo em áreas rurais (Justen *et al.*, 2013). O aproveitamento tecnológico desses frutos representa uma oportunidade de agregar valor à produção regional, fomentando a fruticultura local, gerando alternativas de renda para comunidades produtoras e incentivando práticas de uso sustentável que contribuem para a conservação da biodiversidade nativa.

A espécie *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, popularmente conhecida como guabiroba, guabirova, guabiroba-do-campo ou guabiroba-miúda, destaca-se como uma fruta nativa da região Sul do Brasil pertencente à família Myrtaceae. A espécie tem despertado interesse científico devido ao elevado potencial funcional associado à presença de compostos bioativos em sua composição, especialmente compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e vitamina C (Prestes *et al.*, 2022). Além de apresentar relevante valor nutricional, com elevados teores de fibras, minerais e ácido ascórbico, a guabiroba se destaca pelo conteúdo expressivo de compostos fenólicos, metabólitos secundários amplamente relacionados à atividade antioxidante observada em frutos da família Myrtaceae (Vallilo *et al.*, 2008; Farias *et al.*, 2020; Prestes *et al.*, 2022). Esses compostos atuam na neutralização de radicais livres e na redução de processos oxidativos, características que tornam a espécie promissora para aplicações biotecnológicas.

Apesar desse potencial, a exploração tecnológica da guabiroba ainda permanece limitada quando comparada a outras espécies frutíferas amplamente utilizadas pela indústria. Um dos principais desafios está relacionado à instabilidade dos compostos bioativos presentes nos extratos vegetais. Fatores como exposição à luz, oxigênio, temperatura e condições de armazenamento podem promover degradação química dos compostos fenólicos, reduzindo sua atividade biológica e comprometendo sua aplicação tecnológica (Shahidi; Ambigaipalan, 2015). Diante dessa limitação, diferentes estratégias vêm sendo estudadas para aumentar a estabilidade e preservar a atividade dos compostos naturais. Entre elas, destaca-se a encapsulação lipossomal, tecnologia baseada na formação de vesículas constituídas por bicamadas fosfolipídicas capazes de encapsular compostos hidrofílicos e lipofílicos. Além de proteger os compostos bioativos contra fatores ambientais, os lipossomas podem favorecer a estabilidade da formulação e promover a liberação gradual dos compostos encapsulados (Akbarzadeh *et al.*, 2013).

Dessa forma, a utilização de sistemas lipossomais contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* representa uma estratégia promissora para preservar as propriedades biológicas do fruto, agregando valor tecnológico a uma espécie nativa ainda pouco explorada e ampliando seu potencial de aplicação em diferentes áreas que utilizam compostos bioativos naturais.

2 METODOLOGIA

2.1 Extrato hidroalcoólico de *Campomanesia xanthocarpa*

A *C. xanthocarpa* utilizada foi recebida congelada e descongelada em refrigerador (4 °C) previamente ao preparo do extrato. Nesta preparação, precisou-se de aproximadamente 70 g da fruta inteira. Realizou-se inicialmente a maceração da

fruta e colocou-se em um béquer com 45 mL de álcool 70%, permaneceu coberto em agitação magnética por cerca de 3 horas. Esse processo teve como objetivo favorecer a retirada dos compostos presentes na fruta para o solvente. Depois desse período, passou-se pela peneira e o extrato obtido foi levado para centrifugar com o intuito de separar as fibras suspensas pelo tempo de 15 minutos a 3000 rpm. Com a amostra preparada, colocou-se no evaporador rotativo com bomba a vácuo, sob pressão reduzida trabalhando entre 35 e 40 °C, em 40 minutos, a 100 rpm. Com a separação do álcool obteve-se um rendimento de aproximadamente 26 mL. A escolha de temperatura mais baixa é importante para evitar a degradação dos compostos bioativos, já que muitos deles podem ser sensíveis ao calor. Por fim, o extrato concentrado foi transferido para frasco âmbar e armazenado sob refrigeração até ser utilizado nas próximas etapas do trabalho.

2.2 Encapsulação do extrato

Os lipossomas visam proteger os compostos da fruta, com uma liberação mais lenta e controlada. Para a obtenção do extrato hidroalcoólico contendo os ativos da *C. xanthocarpa* encapsulados foram preparados pelo método de hidratação do filme lipídico, descrito por Bangham; Standish; Watkins (1965) com adaptações de Mesquita Júnior (2024). Os lipídios utilizados na formulação foram a lecitina de soja e colesterol, pesados na proporção molar de 70:30. Em seguida, os lipídios foram dissolvidos em 15 mL de clorofórmio com agitação até a completa homogeneização da fase orgânica. Posteriormente, transferiu-se a solução lipídica para um balão de fundo redondo e submetida ao rotaevaporador sob pressão reduzida e 100 rpm, em temperatura entre 50 e 60°C, até completa evaporação do solvente orgânico e formação de um fino filme lipídico na parede do balão. Após a evaporação, o sistema permaneceu sob vácuo por aproximadamente 1 hora para remoção residual do solvente.

Para a hidratação do filme lipídico, utilizou-se 10 mL do extrato hidroalcoólico concentrado para promover a hidratação do filme sob agitação no rotaevaporador e aquecimento de 37°C por 60 minutos. Esse processo favoreceu a formação espontânea de vesículas lipídicas multilamelares contendo os compostos bioativos do extrato. Após a hidratação, as formulações foram submetidas à sonicação em banho ultrassônico por 10 minutos e por sonicação de ponta por aproximadamente 3 ciclos de 15 minutos, visando reduzir o tamanho das partículas e melhorar a homogeneidade da dispersão lipossomal. Os lipossomas obtidos foram armazenados em frascos âmbar, protegidos da luz e mantidos sob refrigeração a 4 °C até as análises posteriores.

2.3 Análises físico-químicas

2.3.1 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A caracterização por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier em espectrofotômetro FTIR, Shimadzu IRSpirit, operando no modo de refletância total atenuada (ATR), na faixa de número de onda de 400 a 4000 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras por espectro. A análise foi realizada utilizando a fração sólida remanescente do processo de obtenção do extrato hidroalcoólico de guabiroba, composta principalmente por fibras, cascas e demais resíduos vegetais após a centrifugação. A amostra foi distribuída em placa de Petri e

submetida à secagem em liofilizador por 24 horas para remoção da umidade residual. Após a liofilização, o material seco foi analisado por FTIR, visando identificar os principais grupos funcionais presentes na composição da amostra.

2.3.2 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos livre e encapsulado foi determinada com adaptações pelo método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). A técnica fundamenta-se na redução desse radical pelos antioxidantes presentes na amostra, resultando em mudança de coloração que pode ser quantificada por espectrofotometria a 515 nm (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995; Gulcin; Alwasel, 2023).

Os ensaios foram realizados em triplicata. Em cada tubo foram adicionados 2850 µL da solução de DPPH. Em três tubos acrescentaram-se 150 µL do extrato livre e, nos outros três, 150 µL do extrato encapsulado. O branco foi preparado com 2850 µL da solução de DPPH e 150 µL de etanol. Em seguida, as amostras permaneceram ao abrigo da luz por 24 horas e, posteriormente, tiveram a absorbância determinada em espectrofotômetro. Utilizou-se a seguinte fórmula para cálculo de percentual de inibição do DPPH pelo método de Brand-Williams:

$$\% \text{ Inibição} = \frac{Ac - (Am - Ab)}{Ac} \times 100$$

Definição: Ac é a absorbância controle; Am é a absorbância da amostra; Ab é a absorbância branco.

2.3.3 Fenólicos totais

Para complementar a caracterização química do extrato e relacionar sua composição com a atividade antioxidante observada, determinou-se o teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu. A análise foi realizada utilizando o extrato hidroalcoólico de guabiroba após evaporação parcial do solvente e centrifugação para remoção de fibras e partículas insolúveis. Para cada ensaio, foram adicionados 104 µL do extrato e 1667 µL de água destilada em tubos de ensaio. Em seguida, adicionaram-se 104 µL do reagente de Folin-Ciocalteu, mantendo-se a mistura em repouso por 3 minutos. Após esse período, foram adicionados 208 µL de solução de carbonato de sódio.

As amostras permaneceram em reação por 2 horas e, posteriormente, foram lidas em espectrofotômetro a 725 nm. Devido à coloração azul intensa, as amostras foram diluídas na proporção de 500 µL de amostra para 2 mL de água destilada antes da leitura. O branco foi preparado substituindo-se o extrato por água destilada. A quantificação foi realizada por interpolação dos valores de absorbância em curva analítica de ácido gálico, sendo os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG).

2.3.4 Análise de tamanho e Potencial Zeta

As análises de tamanho médio das partículas, índice de polidispersidade (PDI) e Potencial Zeta foram realizadas em equipamento NanoZetaSizer Malvern. As amostras dos lipossomas contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* foram

previamente homogeneizadas, transferidas para cubetas apropriadas e analisadas em triplicata.

2.3.5 Microscopia óptica

A morfologia dos lipossomas contendo extrato de *C. xanthocarpa* foi avaliada por microscopia óptica de Fluorescência em equipamento Zeiss AxioVert, com aumento de 40 vezes, equipado com câmera digital acoplada para captura de imagens em computador.

2.3.6 Liberação dos compostos ativos

A liberação dos compostos bioativos presentes na suspensão lipossomal foi avaliada utilizando membrana de diálise. A membrana foi previamente hidratada em água deionizada por 24 horas. Em seguida, adicionaram-se 3 mL da suspensão lipossomal no interior da membrana, que foi fechada nas extremidades para evitar vazamentos (Rosa *et al.*, 2015).

A membrana foi colocada em recipiente contendo 40 mL de solução tampão pH 7,4, mantido sob agitação magnética e protegido da luz com papel alumínio. Durante o ensaio, foram retiradas alíquotas de 1 mL nos tempos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 24 horas, com reposição do mesmo volume de solução tampão após cada coleta.

As alíquotas coletadas foram avaliadas quanto à atividade antioxidante pelo método DPPH, descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com leitura em espectrofotômetro a 515 nm. Assim, foi possível acompanhar o perfil de liberação dos compostos com atividade antioxidante ao longo do tempo.

2.3.7 Incorporação em base cosmética

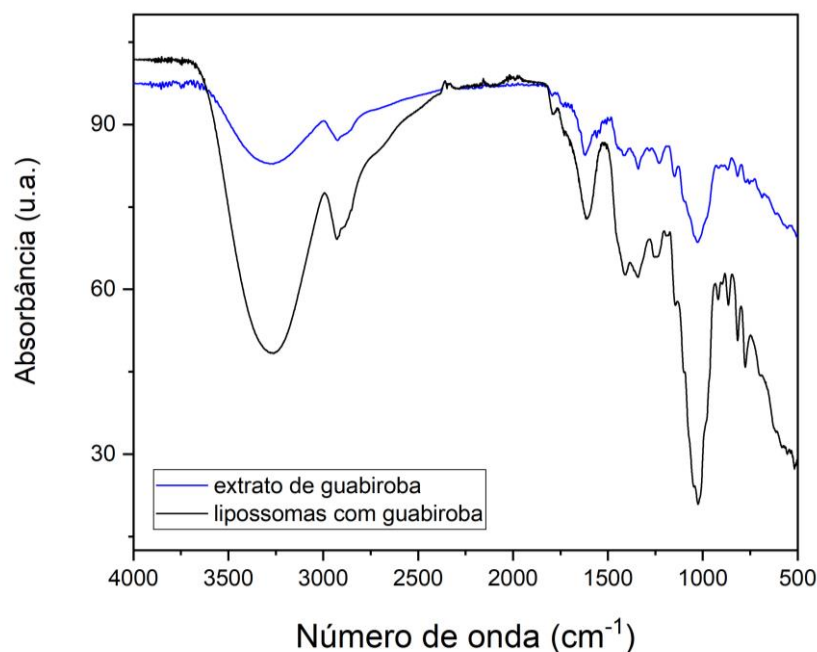
Na etapa final, incorporou-se 2% da suspensão lipossomal contendo o extrato hidroalcoólico de *C. xanthocarpa* em uma base cosmética pronta, sob agitação leve, até a sua completa homogeneização. Após o preparo, o creme obtido foi avaliado quanto ao pH utilizando pHmetro previamente calibrado, características organolépticas da formulação, incluindo cor, odor e espalhabilidade e estabilidade física aparente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A análise por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) do resíduo vegetal liofilizado de *C. xanthocarpa* permitiu identificar os principais grupos funcionais presentes na matriz vegetal e lipossomal, confirmando qualitativamente o perfil de compostos bioativos livres e encapsulados.

Figura 1 – Espectros de FTIR do resíduo vegetal liofilizado de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (extrato livre) e dos lipossomas contendo o extrato.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

O extrato livre mostrou a banda mais intensa e proeminente do espectro foi observada em torno de 3300 cm^{-1} . A região de $3400\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ indica o estiramento simétrico e assimétrico do grupo hidroxila polimérico (O-H) com ligação de hidrogênio, sendo característica de compostos polifenólicos. Valor semelhante foi reportado por Wongsu *et al.* (2022), que identificaram a banda mais intensa de 25 extratos vegetais secos na faixa de $3375\text{--}3320\text{ cm}^{-1}$, atribuindo-a à presença de compostos fenólicos e flavonoides. A ocorrência dessa absorção no extrato de guabiroba é consistente com o elevado teor de fenólicos totais identificado nas demais análises do presente trabalho, uma vez que plantas do gênero *Campomanesia* (Myrtaceae) apresentam atividades biológicas diretamente associadas à presença de compostos bioativos.

Na região de 2920 cm^{-1} observou-se uma absorção discreta, atribuída a vibrações de estiramento de grupos C-H alifáticos. Na região de $2940\text{--}2925\text{ cm}^{-1}$, as vibrações de estiramento de $-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$ e $-\text{CH}_3$ são derivadas de carboidratos e açúcares presentes em extratos vegetais secos. Cheng *et al.* (2025), ao caracterizarem por FTIR extratos etanólicos de *Polygonum cuspidatum* ricos em polifenóis, confirmaram bandas nessa mesma região associadas à co-extração de fitoquímicos alifáticos junto aos compostos fenólicos majoritários. A absorção observada nessa região indica a presença de anéis aromáticos, característica central dos compostos fenólicos. O estiramento de C-H e C=C-C relacionado a anéis aromáticos evidenciando a existência de um ou mais anéis aromáticos na estrutura desses compostos, aparecendo na região de $1615\text{--}1580\text{ cm}^{-1}$. Oliveira *et al.* (2016), ao analisarem extratos vegetais por FTIR, identificaram banda em 1640 cm^{-1} atribuída a vibrações de estiramento C=C e C=O de flavonoides e ácidos fenólicos e seus derivados, como o ácido cafeico. Esse achado reforça a presença de estruturas flavonoídicas no extrato de guabiroba, corroborando os resultados de fenólicos totais obtidos pelo método de Folin-Ciocalteu no presente estudo.

As múltiplas absorções observadas nessa faixa compõem a chamada zona de impressão digital do espectro. O estiramento fenólico C-O foi observado em aproximadamente 1200 cm^{-1} , sendo típico do C-O de pirano, característico de anéis

C de flavonoides. Adicionalmente, as deformações de O-H, C-O, C-H e C=C na faixa de 1175–940 cm^{-1} correspondem a flavanóis e fenóis em extratos de frutos, conforme demonstrado por Hssaini *et al.* (2022) ao caracterizarem compostos fenólicos em figos por FTIR-ATR. A presença dessas bandas no extrato liofilizado de guabiroba sugere a existência de glicosídeos fenólicos e polissacarídeos presentes durante a extração hidroalcoólica.

O pico mais definido e de maior intensidade relativa no espectro foi registrado em torno de 800 cm^{-1} . As deformações fora do plano $\delta(\text{C-H})$ em compostos aromáticos aparecem de forma intensa na faixa de 1000–750 cm^{-1} , sendo essa região característica de compostos polifenólicos como ácido gálico e taninos. Dentro da zona de impressão digital de 700 a 1800 cm^{-1} , as bandas na faixa de 670–900 cm^{-1} são atribuídas especificamente às vibrações de deformação C-H aromático fora do plano, conforme reportado por Wongsu *et al.* (2022) em análise de 25 extratos de plantas herbáceas. A forte intensidade dessa banda no extrato de guabiroba reforça a presença expressiva de compostos de estrutura aromática polifenólica.

Para o extrato encapsulado, o espectro de FTIR contentou os lipossomas com extrato de guabiroba apresentou um perfil distinto do observado no extrato livre, evidenciando bandas características da bicamada fosfolipídica. As absorvâncias observadas em 2920 cm^{-1} e 2852 cm^{-1} correspondem ao estiramento simétrico e assimétrico do grupo CH_2 das cadeias alifáticas dos fosfolipídios sendo consistentes com os valores reportados por Melo; Tosato; Raniero (2023) para lipossomas feitos a partir da fosfatidilcolina de soja. A banda em ~1735 cm^{-1} está relacionada ao estiramento C=O de ésteres fosfolipídicos, indicando estabilidade no processo de formação das vesículas. As bandas identificadas na região 1237 cm^{-1} e 1052 cm^{-1} correspondem ao estiramento do grupo funcional PO_3 confirmando a presença do grupo fosfato característico da fosfatidilcolina de soja, componente majoritário da lecitina de soja utilizada no presente estudo conforme também descrito por Melo; Tosato; Raniero (2023). Ainda presente a banda em torno de 3300 cm^{-1} no espectro dos lipossomas, associada ao estiramento O-H de compostos fenólicos, e da absorção em ~800 cm^{-1} , característica de deformações C-H aromático fora do plano, sugere que os compostos bioativos do extrato de guabiroba foram incorporados ao sistema lipossomal sem destruição de seus grupos funcionais.

A presença simultânea das bandas fosfolipídicas e das bandas características dos compostos fenólicos no espectro dos lipossomas indica a formação de um sistema de encapsulação funcional, no qual os compostos bioativos estão associados à estrutura vesicular, corroborando os resultados de atividade antioxidante obtidos para o extrato encapsulado. Em conjunto, o perfil espectral obtido por FTIR do extrato liofilizado de guabiroba e dos lipossomas é consistente com a presença de compostos fenólicos, flavonoides, carboidratos e glicosídeos no extrato, e com a formação da bicamada fosfolipídica no sistema lipossomal. A manutenção das bandas características dos compostos bioativos no espectro dos lipossomas confirma qualitativamente a incorporação do extrato ao sistema vesicular, sendo complementar às demais análises realizadas no presente trabalho.

3.2 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos de *C. xanthocarpa*, nas formas livre e encapsulada foi realizada em triplicatas em temperatura ambiente no dia do preparo das amostras e repetidas após 4 dias em armazenamento sob refrigeração e frasco

transparente para que haja uma interferência da luz, permitindo comparar a estabilidade antioxidante entre o extrato livre e o encapsulado, bem como avaliar a influência da encapsulação lipossomal contra luz e disponibilidade na preservação dos compostos bioativos ao longo do tempo.

Tabela 1 – Percentual de inibição do radical DPPH pelos extratos livre e encapsulado de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg no dia da preparação (Dia 1).

Amostra - Dia 1	Média de ativ. de eliminação %
Extrato livre	80,8 ± 0,8
Extrato encapsulado	84,9 ± 2,1

Fonte: Elaboração própria, 2026.

Na Tabela 1, observa-se que tanto o extrato livre quanto o encapsulado apresentaram elevada atividade antioxidante, evidenciada pelos altos percentuais de inibição do radical DPPH. A leve superioridade observada no extrato encapsulado pode estar relacionada à proteção inicial dos compostos bioativos promovida pelo sistema lipossomal. De acordo com a literatura os compostos presentes na guabiroba com fenólicos, flavonoides e vitamina C, contribuem diretamente para esses dados. Pereira *et al.* (2012), ao caracterizarem frutos da família Myrtaceae pelo método DPPH e ABTS, demonstraram que *C. xanthocarpa* apresentou o maior potencial antioxidante e o maior teor de compostos fenólicos entre as espécies avaliadas, reforçando o reconhecido potencial bioativo desta fruta nativa (Prestes *et al.*, 2022).

Tabela 2 – Percentual de inibição do radical DPPH pelos extratos livre e encapsulado de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg após 4 dias de armazenamento (Dia 5).

Amostra - Dia 5	Média de ativ. de eliminação %
Extrato livre	26,9 ± 11,4
Extrato encapsulado	55,1 ± 4,7

Fonte: Elaboração própria, 2026.

Após 4 dias de armazenamento, observou-se redução da atividade antioxidante em ambas as amostras, sendo mais acentuada no extrato livre. Segundo Barroso *et al.* (2021) a redução pode estar relacionada à degradação oxidativa dos compostos bioativos presentes no extrato, como compostos fenólicos, flavonoides e vitamina C, os quais apresentam elevada sensibilidade à exposição ao oxigênio, luz e temperatura.

O extrato encapsulado, no entanto, manteve a sua atividade antioxidante superior ao extrato livre indicando maior estabilidade dos compostos antioxidantes em todo o período analisado. Esse comportamento sugere que o sistema lipossomal atuou como uma barreira física parcial, devido à presença da bicamada fosfolipídica formada por lecitina de soja e colesterol, reduzindo o contato dos compostos bioativos com o meio externo e retardando processos de degradação oxidativa (Akbarzadeh *et al.*, 2013). Entretanto, a redução também expressiva da atividade antioxidante no extrato encapsulado (de 84,9% para 55,1%) indica que a proteção conferida pelo sistema lipossomal não foi completa. Esse resultado pode estar associado à eficiência

de encapsulação, não determinada no presente estudo, uma vez que uma fração dos compostos bioativos pode não ter sido efetivamente incorporada às vesículas, permanecendo exposta a condições semelhantes às do extrato livre. Adicionalmente, os elevados desvios padrão observados são consistentes com o alto índice de polidispersidade ($PDI = 0,93$) determinado para o sistema lipossomal (seção 3.4), refletindo a heterogeneidade da formulação e podendo ter contribuído para a variabilidade dos resultados. Recomenda-se que estudos futuros determinem a eficiência de encapsulação, de modo a esclarecer a real contribuição do sistema lipossomal na proteção dos compostos antioxidantes.

3.3 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos constituem uma importante classe de metabólitos secundários presentes em vegetais, sendo amplamente associados à atividade antioxidante devido à capacidade de atuar na neutralização de radicais livres (Ignat *et al.*, 2011). Dessa forma, a quantificação de fenólicos totais é relevante para complementar a avaliação antioxidante do extrato, uma vez que esses compostos podem contribuir para os resultados observados pelo método DPPH.

Neste estudo, o teor de fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, utilizando curva de calibração com ácido gálico ($R^2 = 0,9946$) e $y = 1,7935x + 0,0403$. O extrato hidroalcoólico de *C. xanthocarpa* apresentou teor de fenólicos totais de $1,38 \pm 0,04$ mg EAG/mL de extrato, confirmando a presença desses compostos na amostra. Esse resultado é consistente com o perfil fitoquímico descrito para a espécie, uma vez que *Campomanesia xanthocarpa* é reconhecida na literatura por seu expressivo teor de compostos fenólicos totais, com valores superiores aos de outras frutas da família Myrtaceae (Pereira *et al.*, 2012; Raphaelli *et al.*, 2021).

Os valores obtidos ajudam a explicar a elevada atividade antioxidante observada pelo método DPPH. No entanto, a comparação direta com dados da literatura é limitada, devido às diferenças nas condições de análise, como método de extração, tipo de solvente utilizado e forma de apresentação dos resultados. Adicionalmente, deve-se considerar que a fruta utilizada foi recebida congelada, sendo descongelada em refrigeração previamente à extração. Embora esse procedimento tenha sido adotado para minimizar a degradação térmica dos compostos bioativos, processos de congelamento podem comprometer a integridade celular e favorecer reações enzimáticas oxidativas, resultando em possível redução do teor de compostos fenólicos em relação ao fruto in natura (Neri *et al.*, 2020). Ainda assim, a presença de compostos fenólicos reforça a importância da encapsulação lipossomal como estratégia para proteger esses compostos bioativos e preservar sua atividade ao longo do tempo (Shahidi; Ambigaipalan, 2015; Silva, 2024).

3.4 Análise de tamanho e potencial Zeta do sistema lipossomal

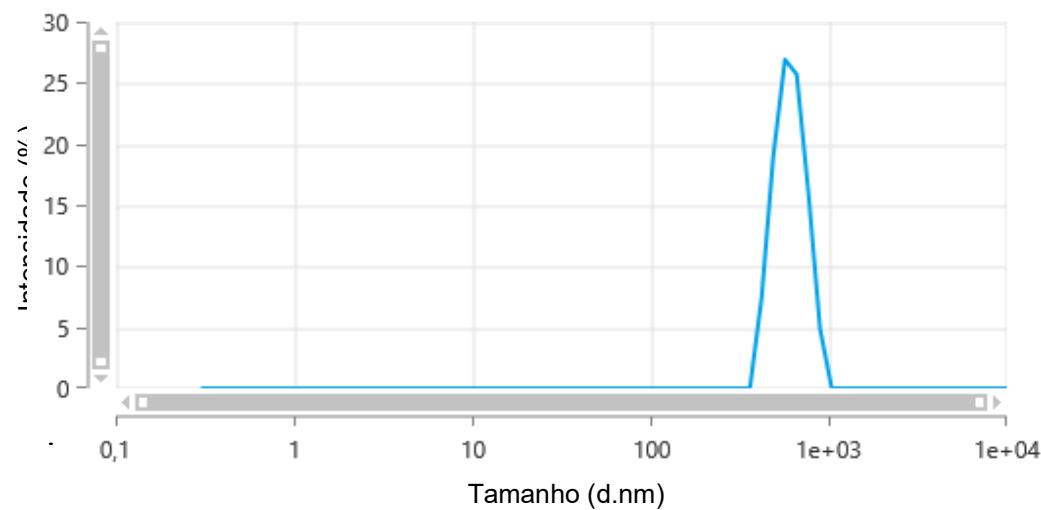
Com as análises de microscopia óptica e DLS, foi possível avaliar a formação das vesículas lipossomais, bem como o tamanho médio das partículas, o índice de polidispersidade (PDI) e o potencial Zeta. A partir desses parâmetros, foi possível compreender melhor a organização e a estabilidade da formulação contendo extrato de *C. xanthocarpa*.

Tabela 3 - Tamanho de partícula, índice de polidispersidade (PDI) e potencial zeta dos lipossomas contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, determinados por DLS.

Tamanho da partícula (nm)	Índice de polidispersidade (PDI)	Potencial Zeta (mV)
1451 ± 180	0,93 ± 0,08	-3,9 ± 0,1

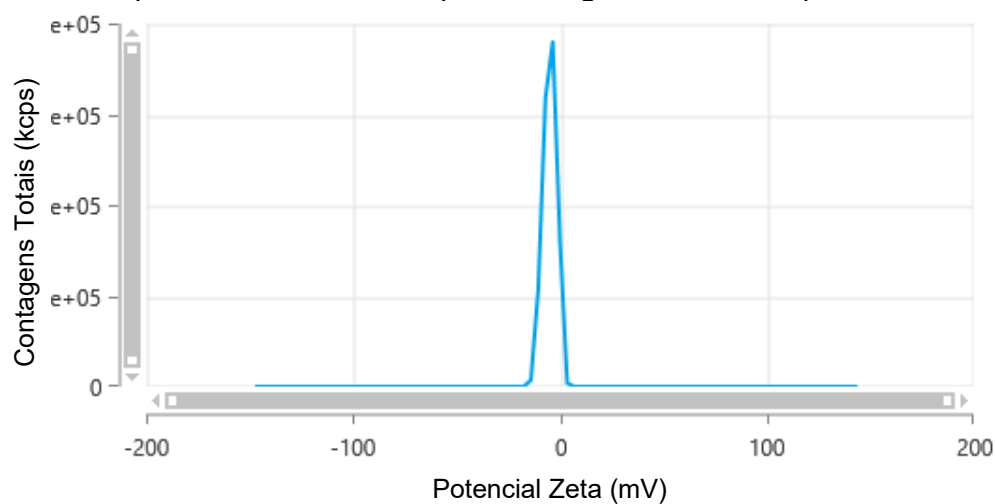
Fonte: Elaboração própria, 2026.

Figura 2 – Distribuição do tamanho de partículas dos lipossomas contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, determinada por DLS.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

Figura 3 - Distribuição do Potencial Zeta dos lipossomas contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, determinada por DLS.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

Os resultados obtidos por DLS (Tabela 3) indicam a formação de partículas na escala micrométrica (1451 ± 180 nm), comportamento compatível com sistemas lipossomais multilamelares obtidos pelo método de hidratação do filme lipídico, o qual tipicamente produz vesículas com diâmetro médio nessa escala, requerendo etapas posteriores de redução de tamanho para obtenção de sistemas nanométricos (Alshaer

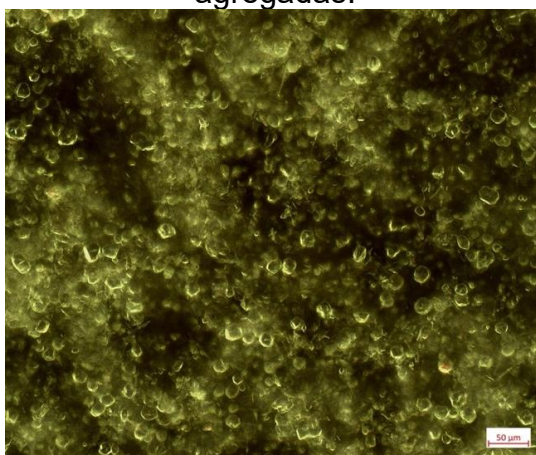
et al., 2023). A distribuição do tamanho das partículas, apresentada na Figura 2, evidencia essa heterogeneidade. Melo; Tosato; Raniero (2023) destacam que a formação espontânea das vesículas por esse método não apresenta tamanho homogêneo, sendo as multicamadas características dessa técnica responsáveis pela heterogeneidade observada. Segundo Nsairat *et al.* (2022), o tamanho dos lipossomas pode variar amplamente em função da composição da formulação e das condições de preparo empregadas, sendo a complexidade do extrato hidroalcoólico utilizado um fator adicional que pode ter contribuído para a ampla distribuição de tamanhos observada.

O elevado índice de polidispersidade ($PDI = 0,93 \pm 0,08$) confirma a presença de múltiplas populações de vesículas com diferentes dimensões. Melo; Tosato; Raniero (2023), ao avaliarem lipossomas preparados pelo mesmo método com sonicação em banho ultrassônico, reportaram PDI de 0,69 mesmo após 15 minutos de sonicação, evidenciando que a sonicação em banho não é suficiente para promover a homogeneização do sistema, e que tempos excessivos de sonicação podem provocar desestabilização e aumento do tamanho das vesículas. De acordo com Machado *et al.* (2023), valores de PDI superiores a 0,7 indicam distribuição de tamanhos muito ampla, sendo a presença de agregados esperada nessas condições, o que pode favorecer processos de instabilidade durante o armazenamento.

O Potencial Zeta obtido ($-3,9 \pm 0,1$ mV), determinado por DLS (Figura 3), é característico de formulações contendo lecitina de soja, conforme reportado por Machado *et al.* (2023). Entretanto, o valor próximo de zero indica baixa repulsão eletrostática entre as partículas e tendência à agregação, sendo comportamento compatível com o elevado PDI observado. Alshaer *et al.* (2023) estabelecem que valores de Potencial Zeta inferiores a -30 mV ou superiores a $+30$ mV são necessários para manter nanossuspensões estáveis, confirmando que o sistema obtido apresenta baixa estabilidade coloidal.

3.5 Microscopia óptica

Figura 4 – Micrografia óptica dos lipossomas contendo extrato de *C. xanthocarpa* O. Berg, obtida em microscópio Zeiss com aumento de 40x: Vesículas multilamelares agregadas.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

A Figura 4 apresentou estruturas arredondadas compatíveis com vesículas lipossomais, evidenciando duas formas distintas de organização das partículas: na micrografia (a), observam-se vesículas multilamelares agregadas, enquanto na (b)

verificam-se vesículas mais dispersas e individualizadas. Essa distribuição heterogênea de tamanhos e a presença de agregados são coerentes com os dados obtidos por DLS. Para estudos futuros, recomenda-se a substituição da sonicação em banho por técnicas de maior energia e controle, como a sonicação de ponta avaliada em um tempo maior de operação do que a aplicação feita neste estudo, uma vez que a entrega de energia diretamente na amostra é mais eficiente na quebra das vesículas multilamelares, porém, como ponto de atenção, tempos prolongados podem causar desestabilização no sistema lipossomal. Outra alternativa é a extrusão através de membranas de policarbonato com poros de tamanho definido, com maiores chances de obtenção dos tamanhos desejados, pois permite obter lipossomas com diâmetro controlado e distribuição de tamanhos mais homogênea, contribuindo para a redução do PDI e melhora da estabilidade coloidal do sistema (Melo; Tosato; Raniero, 2023; Nsairat *et al.*, 2022).

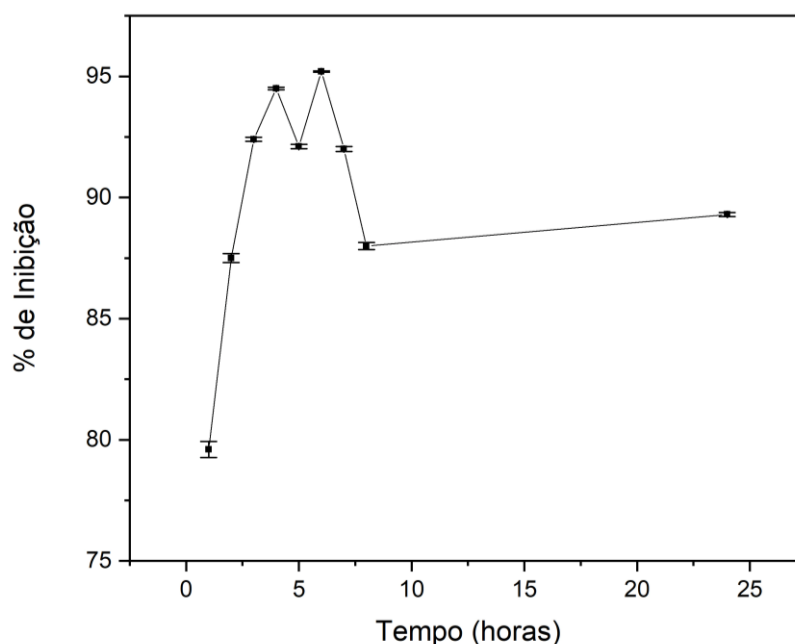
3.6 Avaliação da atividade antioxidante durante o ensaio de liberação

Tabela 4 – Percentual de inibição do radical DPPH das alíquotas coletadas durante o ensaio de liberação do extrato encapsulado de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg ao longo de 24 horas.

Tempo (h)	Inibição (%)	Tempo (h)	Inibição (%)
1	79,6 ± 31,4	6	95,2 ± 3,2
2	87,5 ± 16,8	7	92,0 ± 9,3
3	92,4 ± 7,8	8	88,0 ± 14,6
4	94,5 ± 5,2	24	89,3 ± 7,8
5	92,1 ± 8,2		

Fonte: Elaboração própria, 2026.

Gráfico 1 - Percentual de inibição do radical DPPH ao longo de 24 horas do ensaio de liberação do extrato encapsulado de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

A atividade antioxidante das amostras coletadas durante o ensaio de liberação foi avaliada pelo método DPPH. Os resultados demonstraram elevados percentuais de inibição ao longo de todo o período analisado, variando entre 79,6% e 95,15%. No entanto, observou-se elevada variabilidade entre as réplicas nos tempos iniciais do ensaio, com desvios padrão expressivos na porcentagem de inibição, o que pode estar associado a inconsistências durante a execução do experimento e deve ser considerado na interpretação dos resultados.

Os maiores valores foram observados entre 3 e 7 horas, indicando a presença de compostos antioxidantes liberados para o meio receptor. De acordo com Brand-Williams *et al.* (1995), o método DPPH é amplamente empregado para avaliar a capacidade sequestradora de radicais livres de compostos antioxidantes. Assim, os elevados percentuais de inibição observados sugerem que os compostos bioativos presentes no extrato de *C. xanthocarpa* mantiveram sua atividade antioxidante após a encapsulação e durante o ensaio de liberação. Entretanto, não foi observado um perfil de liberação claramente definido, uma vez que o método DPPH fornece informações sobre a atividade antioxidante das amostras, mas não sobre a quantidade efetivamente liberada dos compostos encapsulados.

Para uma caracterização mais precisa do perfil de liberação, estudos futuros poderiam empregar a quantificação de fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu ou técnicas cromatográficas como HPLC nas alíquotas coletadas, permitindo determinar a quantidade efetivamente liberada ao longo do tempo.

3.7 Incorporação em base cosmética

Figura 5 - Aspecto visual das formulações cosméticas desenvolvidas: gel controle, gel lipossomal, creme controle e creme lipossomal.



Fonte: Elaboração própria, 2026.

A caracterização preliminar das formulações conforme a Figura 5 foi realizada por meio de análises organolépticas e físico-químicas, incluindo avaliação visual, odor e pH. Esses parâmetros permitem verificar a influência da incorporação dos lipossomas contendo extrato de *C. xanthocarpa* sobre as características do produto, além de fornecer informações iniciais sobre sua estabilidade. Os resultados apresentados na Tabela 5 demonstram que as formulações mantiveram aspecto homogêneo e ausência de separação de fases visível, indicando boa incorporação dos componentes na matriz cosmética.

Tabela 5 – Avaliação físico-química e organoléptica das formulações cosméticas (gel e creme, controle e lipossomal) contendo extrato de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.

Parâmetro	Gel Controle	Gel Lipossomal	Creme Controle	Creme Lipossomal
Cor	Transparente	Turvo	Branco	Branco
Homogeneidade	Homogêneo	Algumas bolhas	Homogêneo	Algumas bolhas
pH	5,3	5,2	5,8	5,7
Espalhabilidade	Boa	Boa	Boa	Melhor

Fonte: Elaboração própria, 2026.

De acordo com as recomendações da ANVISA para avaliação de estabilidade e controle de qualidade de produtos cosméticos, parâmetros como aspecto, cor, odor, homogeneidade, separação de fases e pH são relevantes para verificar possíveis alterações nas formulações desenvolvidas (BRASIL, 2004; BRASIL, 2008).

Visualmente, observou-se que o gel contendo lipossomas apresentou maior turbidez em comparação ao gel controle, característica atribuída à presença das vesículas lipossomais dispersas no sistema. Já as formulações creme controle e creme lipossomal apresentaram aspecto semelhante, com coloração branca, boa homogeneidade, ausência de grumos ou separação de fases e sem mudança de cor discrepante. Além disso, a formulação contendo lipossomas apresentou melhor espalhabilidade, indicando que a incorporação do sistema lipossomal não comprometeu as características sensoriais preliminares do produto.

Os valores de pH obtidos para as formulações desenvolvidas permaneceram dentro de faixa compatível com a aplicação cosmética tópica preferencialmente entre 4,5 e 6,5, próxima ao pH fisiológico da pele e não apresentaram variações expressivas quando comparados aos respectivos controles, sugerindo que a incorporação dos lipossomas não comprometeu a estabilidade físico-química dos sistemas propostos. Dessa forma, as observações realizadas indicam que a incorporação dos lipossomas contendo extrato de *C. xanthocarpa* não comprometeu negativamente as características visuais e físico-químicas preliminares das formulações propostas.

4 CONCLUSÕES

A extração hidroalcoólica permitiu a obtenção de extrato rico em compostos bioativos, confirmada pela presença de grupos funcionais característicos de compostos fenólicos e flavonoides identificados por FTIR, pelo teor de fenólicos totais determinado e pela elevada atividade antioxidante observada. A encapsulação lipossomal demonstrou ser eficaz para a proteção dos compostos bioativos, evidenciada pela maior estabilidade antioxidante do extrato encapsulado após 4 dias de armazenamento em comparação ao extrato livre. O sistema lipossomal obtido apresentou tamanho na escala micrométrica e elevada polidispersidade, indicando sistema heterogêneo e com estabilidade coloidal limitada. Esses resultados sugerem que a complexidade do extrato hidroalcoólico pode ter interferido na organização das bicamadas lipídicas, e que os parâmetros de sonicação empregados não foram suficientes para atingir a escala nanométrica recomendada para sistemas lipossomais destinados à aplicação cosmética.

Os compostos bioativos presentes no extrato de *C. xanthocarpa* mantiveram atividade antioxidante ao longo de todo o ensaio de liberação. No entanto, o método empregado não permitiu determinar diretamente a quantidade efetivamente liberada ao longo do tempo, constituindo uma limitação metodológica a ser superada em estudos futuros.

A incorporação dos lipossomas em base cosmética resultou em formulações com características organolépticas adequadas, sem separação de fases ou formação de grumos, e com valores de pH compatíveis com a faixa recomendada para aplicação tópica, em conformidade com as diretrizes da ANVISA, indicando que a incorporação do sistema lipossomal não comprometeu a estabilidade físico-química preliminar das formulações desenvolvidas. Os resultados obtidos demonstram o potencial da *C. xanthocarpa* como fonte de compostos bioativos para aplicação em formulações cosméticas via encapsulação lipossomal.

Para avanços futuros, recomenda-se a otimização do processo de preparo dos lipossomas com técnicas de maior energia e tempo, como sonicação de ponta ou extrusão, visando a obtenção de sistemas nanométricos mais homogêneos e estáveis, bem como a adoção de métodos analíticos mais específicos para a caracterização do perfil de liberação dos compostos encapsulados.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Lages pelo suporte institucional, ao Laboratórios Multiusuários do IFSC pelo apoio na execução do TCC, aos Laboratórios Multiusuários da Universidade do Planalto Catarinense pelo apoio nas análises.

REFERÊNCIAS

- AKBARZADEH, A. et al. Liposome: classification, preparation, and applications. **Nanoscale Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 102, 2013. DOI: 10.1186/1556-276X-8-102.
- ALSHAER, W. et al. Quality by design approach in liposomal formulations: robust product development. **Molecules**, v. 28, n. 1, p. 10, 2023. DOI: 10.3390/molecules28010010.
- BANGHAM, A. D.; STANDISH, M. M.; WATKINS, J. C. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. **Journal of Molecular Biology**, v. 13, n. 1, p. 238–252, 1965. DOI: 10.1016/s0022-2836(65)80093-6.
- BARROSO, T. L. C. T. et al. Tecnologia de encapsulamento na área de alimentos: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e6210716240, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16240.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de estabilidade de produtos cosméticos**. Brasília: ANVISA, 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-estabilidade-de-cosmeticos.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2026.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos**. Brasília: ANVISA, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2026.
- CHENG, Y. et al. Optimizing extraction polarity for multifunctional bioactivities and phenolic composition in *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. ultrasonic extraction. **Antioxidants**, v. 14, n. 12, p. 1431, 2025. DOI: 10.3390/antiox14121431.
- FARIAS, D. P. et al. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125630.
- GULCIN, I.; ALWASEL, S. H. DPPH radical scavenging assay. **Processes**, v. 11, n. 8, p. 2248, 2023. DOI: 10.3390/pr11082248.
- HSSAINI, L.; RAZOUK, R.; BOUSLIHIM, Y. Rapid prediction of fig phenolic acids and flavonoids using mid-infrared spectroscopy combined with partial least square regression. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 782159, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.782159.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.026.

JUSTEN, J. G. K.; TORESAN, L.; HECK, T. C.; DALENOGARE, N. S. Uso de plantas nativas alimentícias em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 92-96, jul. 2013.

MACHADO, A. R. et al. Avaliação do tamanho de partículas lipossômicas em diferentes ensaios. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, e24512135104, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.35104.

MELO, J. D. G.; TOSATO, M. G.; RANIERO, L. Síntese e caracterização de lipossomas. **Revista Processos Químicos**, v. 17, n. 34, p. 85–91, jul./dez. 2023. DOI: 10.19142/rpq.v17i34.701.

MESQUITA JÚNIOR, J. W. C. **Obtenção de lipossomas contendo curcumina: efeito do método de preparação nas características físico-químicas**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, 2024. Disponível em: <https://www.repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5870/1/José%20Wilson%20Cosme%20de%20Mesquita%20Júnior.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2026.

NERI, L. et al. Antioxidant activity in frozen plant foods: effect of cryoprotectants, freezing process and frozen storage. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1886, 2020. DOI: 10.3390/foods9121886.

NSAIRAT, H. et al. Liposomes: structure, composition, types, and clinical applications. **Heliyon**, v. 8, n. 5, e09394, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09394.

OLIVEIRA, R. N. et al. FTIR analysis and quantification of phenols and flavonoids of five commercially available plants extracts used in wound healing. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 767–779, 2016. DOI: 10.1590/S1517-707620160003.0072.

PEREIRA, M. C. et al. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012. DOI: 10.1021/jf205263f.

PRESTES, A. A. et al. Potential properties of guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) processing: a native Brazilian fruit. **Advances in Food Technology and Nutritional Sciences Open Journal**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2022. DOI: 10.17140/AFTNSOJ-8-174.

RAPHAELLI, C. O. et al. Biological activity and chemical composition of fruits, seeds and leaves of guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg – Myrtaceae): a review. **Food Bioscience**, v. 40, p. 100899, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100899.

ROMERO, V. et al. Diferenças entre cosméticos orgânicos e naturais: literatura esclarecedora para prescritores. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 10, n. 3, p. 188-193, jul./set. 2018. DOI: 10.5935/scd1984-8773.20181031087.

ROSA, C. G. et al. Characterization and evaluation of physicochemical and antimicrobial properties of zein nanoparticles loaded with phenolics monoterpenes. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 481, p. 337–344, 2015. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.05.019.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects – A review. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 820-897, 2015. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018.

SILVA, Thais Emili Bezerra da. **Nanoencapsulação de extrato de compostos fenólicos oriundo da polpa de melão Cantaloupe (*Cucumis melo* L.): produção e caracterização de partículas, e avaliação do potencial antioxidante in vitro**. 2024. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/60111>. Acesso em: 10 jun. 2026.

VALLILO, M. I. et al. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl., p. 231–237, dez. 2008. DOI: 10.1590/S0101-20612008000500035.

WONGSA, P.; PHATIKULRUNGSUN, P.; PRATHUMTHONG, S. FT-IR characteristics, phenolic profiles and inhibitory potential against digestive enzymes of 25 herbal infusions. **Scientific Reports**, v. 12, p. 6631, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-10669-z.