

**DESENVOLVIMENTO DE CREME CORPORAL FOTOPROTETOR
COM MICROCÁPSULAS UNIFORMIZANTES**

*DEVELOPMENT OF A PHOTOPROTECTIVE BODY CREAM WITH
UNIFORMING MICROCAPSULES*

*DESARROLLO DE UNA CREMA CORPORAL FOTOPROTECTORA
CON MICROCÁPSULAS UNIFORMADORAS*

Beatriz dos Santos Barbosa Barreto

E-mail: beatriz.barreto@mail.uft.edu.br

Miriam Oliveira da Silva

E-mail: miriam.oliveira@mail.uft.edu.br

Mathews Moreira Rodrigues

E-mail: mathews.moreira@mail.uft.edu.br

Nathanael Ribeiro dos Santos

E-mail: nathanael.ribeiro@mail.uft.edu.br

Michelle Budke Costa

E-mail: michellebudke@gmail.com

Melissa Budke Rodrigues

E-mail: melissa.budke@mail.uft.edu.br

ABSTRACT:

This study developed a photoprotective cream containing different concentrations of pequi oil (1, 2, and 3%) as the main active ingredient, enriched with rosehip and chamomile microcapsules (1, 1.5, and 2%). The formulations were evaluated for their stability in centrifugation tests, pH tests, organoleptic assays at 30, 60, and 90 days, in addition to assessing their photoprotective capacity. The formulation with 3% pequi oil presented a pH suitable for the skin (6.53), and was chosen for further tests involving the use of chamomile and rosehip microcapsules. Quality tests over 60 days indicated good stability to centrifugation, but revealed changes in color and a drop in pH in samples stored at room temperature. The evaluation of photoprotective efficacy, using an in vitro method, demonstrated an increase in the Sun Protection Factor (SPF) with the addition of pequi oil, where it was possible to achieve SPFs of 7.76 and 7.82 in formulations containing 2% and 3% oil. The study validates the potential of pequi as a natural photoprotective active ingredient, but points to the need to optimize the stability and SPF of the formulation.

KEYWORDS: Photoprotection; *Caryocar brasiliense Camb.*; Cosmetic Formulations

RESUMO:

Este estudo desenvolveu um creme fotoprotetor contendo diferentes concentrações de óleo de pequi (1, 2 e 3%) como ativo principal, enriquecido com microcápsulas de rosa mosqueta e camomila (1, 1,5 e 2%). As formulações foram avaliadas quanto a sua estabilidade frente a testes de centrifugação, pH, ensaios organolépticos em tempos de 30, 60 e 90 dias, além da avaliar sua capacidade fotoprotetora. A formulação com 3% de óleo de pequi apresentou pH adequado para a pele (6,53), sendo a formulação escolhida para a realização dos demais testes envolvendo a utilização de microcápsulas de camomila e rosa mosqueta. Os testes de qualidade ao longo de 60 dias, indicaram boa estabilidade à centrifugação, mas revelaram modificações na cor e queda de pH nas amostras armazenadas à temperatura ambiente. A avaliação da eficácia fotoprotetora, por método in vitro, comprovou um aumento do Fator de Proteção Solar (FPS) com a adição do óleo de pequi, onde foi possível atingir FPS de 7,76 e 7,82 nas formulações contendo 2 e 3% de óleo. O trabalho valida o potencial do pequi como ativo fotoprotetor natural, mas aponta a necessidade de otimizar a estabilidade e o FPS da formulação.

PALAVRAS-CHAVE: Fotoproteção; *Caryocar brasiliense Camb.*; Formulações Cosméticas.

RESUMEN:

Este estudio desarrolló una crema fotoprotectora que contiene diferentes concentraciones de aceite de pequi (1, 2 y 3%) como ingrediente activo principal, enriquecida con microcápsulas de rosa mosqueta y manzanilla (1, 1.5 y 2%). Las formulaciones se evaluaron en cuanto a su estabilidad en pruebas de centrifugación, pruebas de pH y ensayos organolépticos a los 30, 60 y 90 días, además de evaluar su capacidad fotoprotectora. La formulación con 3% de aceite de pequi presentó un pH adecuado para la piel (6.53) y fue elegida para pruebas posteriores que involucraron el uso de microcápsulas de manzanilla y rosa mosqueta. Las pruebas de calidad durante 60 días indicaron buena estabilidad a la centrifugación, pero revelaron cambios de color y una disminución del pH en las muestras almacenadas a temperatura ambiente. La evaluación de la eficacia fotoprotectora, mediante un método in vitro, demostró un incremento del Factor de

Protección Solar (FPS) con la adición de aceite de pequi, alcanzándose FPS de 7,76 y 7,82 en formulaciones con un 2 % y un 3 % de aceite, respectivamente. El estudio valida el potencial del pequi como ingrediente activo fotoprotector natural, pero subraya la necesidad de optimizar la estabilidad y el FPS de la formulación.

PALABRAS CLAVE: Fotoprotección; *Caryocar brasiliense Camb.*; Formulaciones cosméticas

INTRODUÇÃO

O mercado de cosméticos atravessa uma transformação significativa, impulsionada por uma crescente demanda dos consumidores por produtos que alinhem eficácia, sustentabilidade e segurança. Essa tendência reflete um interesse cada vez maior em formulações que priorizam ingredientes de origem natural em detrimento de compostos sintéticos. Uma das abordagens mais promissoras nesse cenário é a valorização da biodiversidade, utilizando óleos vegetais e extratos botânicos, obtidos de diversas partes das plantas, como base para o desenvolvimento de novos produtos (Amaral, 2015).

Nesse contexto, a flora brasileira, especialmente a do bioma cerrado, emerge como uma fonte rica de ativos com elevado potencial. Dentre as espécies nativas, o pequi (*Caryocar brasiliense Camb.*) tem se destacado em pesquisas científicas por suas notáveis propriedades bioativas. Tradicionalmente conhecido por seu uso culinário, o fruto revela uma composição rica em ácidos graxos insaturados, carotenoides e compostos fenólicos, que lhe conferem ação antioxidante, anti-inflamatória e fotoprotetora. Tais características o tornam um ingrediente estratégico para formulações destinadas à proteção da pele contra os danos da radiação solar, como o fotoenvelhecimento e queimaduras (Santos et al., 2013; De Miranda, 2019; Pegorin et al., 2022).

A fotoproteção é um pilar fundamental do cuidado dermatológico, considerando que a exposição descontrolada à radiação ultravioleta (UV) é o principal fator extrínseco de danos cutâneos. A radiação UV pode induzir estresse oxidativo, degradar fibras de colágeno e elastina, causar hiperpigmentação e, em casos crônicos, elevar o risco de desenvolvimento de câncer de pele. Portanto, a inclusão de substâncias com capacidade de absorver, dispersar ou refletir essa radiação é indispensável para minimizar seus efeitos deletérios (Lopes et al., 2018).

Para potencializar a formulação, outros óleos vegetais com propriedades regeneradoras podem ser integrados. O óleo de rosa mosqueta (*Rosa canina*), por exemplo, é amplamente reconhecido por sua riqueza em ácido ascórbico (Vitamina C) e ácidos graxos essenciais, como o linoleico e o araquidônico. Esses compostos são vitais para a regeneração celular, reparo de

tecidos e uniformização do tom da pele, tornando-o um ativo valioso no tratamento de hiperpigmentações (Araujo, 2022). De forma complementar, o óleo de camomila (*Chamomilla recutita* L.) oferece propriedades calmantes e anti-inflamatórias, ideais para acalmar a pele sensibilizada pela exposição solar (Santos, 2020).

Aliando a riqueza botânica aos avanços tecnológicos, a tecnologia de microcápsula surge como uma ferramenta estratégica para otimizar a performance de formulações cosméticas. A encapsulação de ativos em microescala não apenas protege os compostos da degradação, mas também facilita sua manipulação, melhora a penetração cutânea e permite uma liberação controlada e prolongada. Esse mecanismo aumenta a biodisponibilidade dos ingredientes na pele, garantindo uma ação mais eficaz e duradoura (Schmaltz, 2005; Lui, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um creme fotoprotetor corporal inovador, utilizando a biomassa do pequi como principal ativo fotoprotetor natural. A formulação será enriquecida com microcápsulas contendo óleos de rosa mosqueta e camomila, visando agregar ao produto final efeitos regeneradores, clareadores e calmantes. Desta forma, busca-se criar um cosmético multifuncional que não apenas protege a pele contra os danos solares, mas também a trata, contribuindo para o avanço de soluções cosméticas sustentáveis, eficazes e baseadas na valorização da biodiversidade brasileira.

METODOLOGIA

COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Os frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) utilizados neste estudo foram obtidos durante o Festival do Pequi, um evento cultural e acadêmico realizado no campus de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Após a aquisição, os frutos foram transportados para o Laboratório de Química Analítica da instituição, sendo submetidos a lavagem em água corrente. Na etapa de pré-processamento, os frutos higienizados foram cortados para permitir a separação manual da amêndoa (castanha). O mesocarpo (polpa) e o endocarpo espinhoso foram então dispostos em bandejas de aço inox e levados para uma estufa com circulação de ar forçada, permanecendo a 35 ± 2 °C até atingirem peso constante (De Moraes, 2016).

Posteriormente, o material desidratado foi processado para a obtenção de uma matéria-prima com granulometria fina, denominada biomassa de pequi. A biomassa resultante foi transferida para recipientes plásticos fechados e armazenada em um freezer a -18 °C. Este

procedimento de armazenamento sob congelamento visou preservar a integridade dos compostos bioativos até a sua utilização nos ensaios subsequentes (De Moraes, 2016).

OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DA BIOMASSA DE PEQUI

Após a obtenção da biomassa, esta foi submetida a extração via Soxhlet para a obtenção do seu extrato, que posteriormente foi inserido nos cremes hidratantes base produzidos. Para isso, foi pesado cerca de 50g da biomassa do pequi e 150 mL de hexano para a obtenção do extrato bruto, sendo que após o processo de extração, as amostras foram submetidas ao rotaevaporador para a retirada completa do solvente (Zambrano Gavilanes et. al., 2015).

OBTENÇÃO DO ÓLEO DE ROSA MOSQUETA E EXTRATO BRUTO DE CAMOMILA

O óleo de camomila (*Chamomilla recutita L.*) foi extraído a partir das flores secas, adquiridas de um fornecedor comercial. Para isso, 10 g da amostra foram utilizadas, juntamente com 150 mL de hexano em um extrator do tipo Soxhlet. Após o término dos ciclos de extração, o solvente foi removido em rotaevaporador, conforme metodologia adaptada de Zambrano Gavilanes (2015), resultando no extrato de interesse. Por sua vez, o óleo de rosa mosqueta (*Rosa canina*), já em sua forma final, foi adquirido comercialmente de um distribuidor especializado em insumos cosméticos.

FORMULAÇÃO DO CREME HIDRATANTE

A formulação base, que serviu como veículo para a incorporação da biomassa de pequi e das nanocápsulas, foi desenvolvida como uma emulsão do tipo óleo em água (O/A). O processo foi dividido em duas fases distintas. A fase oleosa foi composta por álcool cetosteárilico (3%), álcool cetosteárilico etoxilado (2%) e óleo mineral (4%). Estes componentes foram pesados e transferidos para um béquer, sendo aquecidos em banho-maria a 80 °C, até a completa fusão e homogeneização dos ingredientes. Paralelamente, preparou-se a fase aquosa, contendo propilenoglicol (1%), glicerina (4%) e água destilada. A água foi aquecida a 80 °C separadamente, e, após atingir a temperatura, o propilenoglicol e a glicerina foram adicionados e solubilizados. A etapa de emulsificação foi realizada vertendo-se a fase oleosa sobre a fase aquosa, ambas a 80 °C, sob agitação mecânica constante. A mistura foi então submetida a um resfriamento em banho de gelo, mantendo-se a agitação até que a emulsão atingisse a temperatura ambiente e adquirisse a consistência cremosa característica (Leonardi et. al; 2005).

PRODUÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

Para a produção das cápsulas, utilizou-se o método de coacervação complexa em meio aquoso de acordo com o procedimento descrito por Alvim et al. (2010) com modificações. Para isso, 3,3 g de extrato, foi misturado com 100 mL de solução de gelatina 2,5% previamente hidratada e aquecida entre 33,2 °C a 66,8 °C. A mistura foi homogeneizada mecanicamente com velocidade controlada de 6.600 rpm. Posteriormente, foram adicionadas 100 mL de solução de goma arábica 2,5% e 400 mL de água destilada, ambas aquecidas à mesma temperatura que a anterior. O pH da suspensão foi ajustado com solução de HCl até atingir pH = 4. O material foi resfriado em banho de gelo, sob agitação até alcançar 10 °C e após permaneceu em repouso para que ocorresse a decantação das partículas encapsuladas. As partículas obtidas foram mantidas a 8 °C por 16 h e após foram analisadas em um Microscópio Zoom 1600x Cam 2.0 Mp Professional Digital USB (Alvim et al. 2010).

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

Para a realização das análises, foi utilizado um Espectrômetro da marca Perkin Elmer, operando em modo de absorção. Os espectros foram obtidos na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} com resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras, utilizando pastilha de KBr (Pereira, 2015).

INSERÇÃO DAS MICROCÁPSULAS NO CREME HIDRATANTE

Após a síntese, as suspensões de microcápsulas foram incorporadas ao creme hidratante previamente formulado, contendo o óleo da biomassa de pequi. Para avaliar o impacto da concentração de microcápsulas, foram desenvolvidas três formulações distintas, contendo 1,0, 1,5 e 2,0% (m/m) da suspensão de microcápsulas em relação à massa total do creme. A incorporação foi realizada sob agitação manual branda e contínua, para assegurar a completa homogeneização dos componentes e preservar a integridade estrutural do sistema (Balest, 2013.).

TESTES DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO

Para a validação da qualidade e da eficácia das formulações desenvolvidas, foi conduzida uma série de análises físico-químicas, seguindo as diretrizes estabelecidas no Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2008). Entre estes, foi realizado os testes de análise macroscópica, avaliação do pH, estabilidade em centrifuga, densidade, testes de estabilidade em diferentes temperaturas e teste colorimétrico.

A análise macroscópica foi realizada 24 h após o preparo e também em cada intervalo de realização dos testes de estabilidade. As amostras foram avaliadas visualmente quanto a alterações nas características organolépticas (cor, odor, consistência) e à presença de

instabilidades físicas (separação de fases, sedimentação, grumos). A determinação do pH foi feita em pHmetro de bancada, a partir de uma dispersão de cada amostra em água purificada (1:10 m/v), conforme Do Rosário et al. (2021).

O teste de estabilidade à centrifugação foi executado para avaliar a resistência da emulsão. Aliquotas de 5 g de cada formulação foram submetidas a ciclos de 1000, 2500 e 3500 rpm durante 15 min (Anvisa, 2008).

A estabilidade em longo prazo foi avaliada por 90 dias, com as amostras armazenadas em temperatura ambiente, estufa e refrigeração, conforme protocolo de Do Rosário et al. (2021). O teste de Colorimetria é realizado de forma visual, as cores presentes nos cremes são analisadas e demarcadas. A densidade do creme hidratante foi realizada através da adição de 5 ml de creme hidratante em uma proveta e após foi efetuada a pesagem desta. Com isso, a densidade foi determinada a partir da Equação 1 (Anvisa, 2008).

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad \text{Eq. 1}$$

A avaliação da eficácia fotoprotetora foi realizada por espectrofotometria UV/VIS. Soluções das formulações com 1, 2 e 3% de biomassa e do creme base controle foram preparadas em etanol P.A. nas concentrações de 5, 10 e 15%. A capacidade de absorção da radiação UV foi medida em espectrofotômetro digital (Dias, 2023).

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FOTOPROTETORA DO CREME HIDRATANTE

A avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS) de uma formulação cosmética foi realizada com o objetivo de determinar o impacto da adição de óleo de pequi em diferentes concentrações. Para isso, foi empregado o método proposto por Mansur et al. (1981), cuja aplicabilidade para formulações é validada pelo estudo de Bergold et al. (1993). Foram analisadas quatro formulações: um creme base (controle) e três variações com 1, 2 e 3% de óleo de pequi.

O cálculo do FPS para cada amostra seguiu uma metodologia padronizada. Primeiramente, mediu-se a absorbância média (ABSm) de cada formulação em espectrofotômetro, em comprimentos de onda (λ) que variam de 290 a 320 nm, com intervalos de 5 nm. Em seguida, para cada comprimento de onda, o valor de absorbância obtido foi multiplicado pelo respectivo valor normalizado do produto "Efeito Eritemogênico (EE) x Intensidade da Radiação Solar (I)", valores estes que são constantes definidas pelo método. O resultado de cada uma dessas multiplicações gerou um valor de FPS parcial. O FPS final de cada formulação foi determinado pela soma de todos os valores de FPS parciais, e o resultado desse

somatório foi então multiplicado por um Fator de Correção (FC) constante de 10, conforme descrito pela Equação 2.

$$\text{FPS} = \text{FC} \times \Sigma [\text{EE}(\lambda) \cdot \text{I}(\lambda) \cdot \text{ABSm}(\lambda)] \quad \text{Eq. 2}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

OBTENÇÃO DA BIOMASSA DE PEQUI, ÓLEO DE PEQUI E EXTRATO DE CAMOMILA

O processamento do mesocarpo do pequi demonstrou ser uma etapa fundamental para a sua aplicação em formulações cosméticas. A biomassa obtida (Figura 1) é reconhecida por sua rica composição em ácidos graxos essenciais, compostos fenólicos e tocoferóis, constituintes que atribuem um elevado potencial hidratante e protetor contra o estresse oxidativo cutâneo. A etapa de secagem em estufa a 35 °C foi eficaz na redução do teor de umidade, um fator crítico para aumentar a estabilidade microbiológica e a vida útil do material. Após a moagem, a biomassa apresentou-se como um pó fino e homogêneo, com uma coloração amarelo-intensa característica. Essa tonalidade está associada à presença de carotenoides, pigmentos lipossolúveis com conhecida atividade antioxidante e potencial fotoprotetor (Santi, 2023).



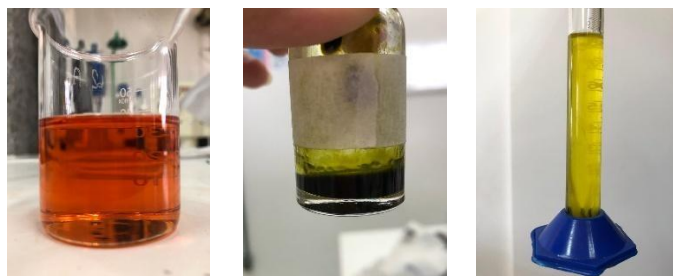
Figura 1- Biomassa do pequi.

Fonte: Autor, 2026.

Para a obtenção do extrato bruto de camomila e o óleo do pequi, foi realizada a extração por meio de um extrator do tipo Soxhlet, utilizando hexano como solvente, sendo uma metodologia de alta eficiência para a obtenção de óleos (Lui, 2019). Concluído os processos de extrações, a remoção do solvente ocorreu por meio do rotaevaporador, garantindo um extrato

isento de solventes residuais, o que resultou em um rendimento de 5,12%, com consistência oleosa e coloração esverdeada. Na Figura 2 é possível observar o extrato de camomila obtido, bem como o óleo de rosa mosqueta adquirido comercialmente e o óleo de pequi.

Figura 2- Óleo essencial de rosa mosqueta, extrato de camomila e óleo de pequi.



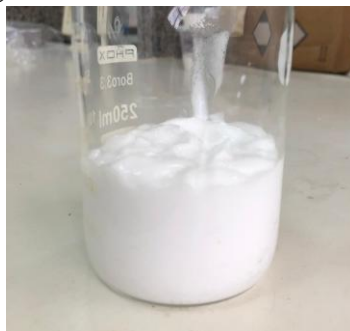
a) Rosa mosqueta b) Camomila c) Óleo de pequi

Fonte: Autor, 2026.

FORMULAÇÃO DO CREME HIDRATANTE

A formulação da emulsão O/A, desenvolvida para servir como veículo, resultou em um produto com características físico-químicas adequadas. A avaliação macroscópica revelou uma textura consistente e homogênea, com aspecto brilhante e uniforme, sem a presença de grumos ou sinais de separação de fases, indicando a formação de uma emulsão estável (Figura 3). Do ponto de vista sensorial, o creme base apresentou sensação tátil agradável. Tais resultados demonstraram que a base formulada possuiu as propriedades ideais para a subsequente incorporação dos ativos naturais e das microcápsulas, permitindo a continuidade do desenvolvimento do creme fotoprotetor.

Figura 3- Creme hidratante base.



Fonte: Autor, 2026.

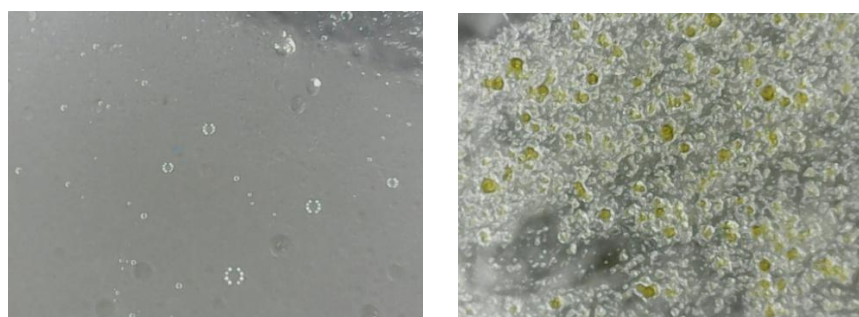
Com o creme hidratante base pronto, foi adicionado as diferentes proporções do óleo de pequi, sendo as proporções de 1, 2 e 3%. Todas as proporções apresentaram boa aparência,

espalhabilidade, e demonstraram estar dentro dos padrões macroscópicos esperados. A escolha da porcentagem para a continuação dos testes e inserção das capsulas produzidas se deu através do pH apresentados pelas porcentagens. O creme escolhido com o pH mais próximo ao da pele foi a emulsão de 3% do óleo de pequi com pH de 6,53, as outras duas formulações apresentaram pH de 6,74 e 6,70, sendo 1 e 2% respectivamente.

PRODUÇÃO DAS MICROCÁPSULAS DO ÓLEO DE ROSA MOSQUETA E DE EXTRATO BRUTO DE CAMOMILA

A técnica de micro encapsulamento via coacervação complexa demonstrou ser eficaz para os dois ativos utilizados (rosa mosqueta e camomila), viabilizando a etapa subsequente de sua incorporação no creme formulado com óleo de pequi. A avaliação morfológica das microcápsulas foi realizada através de um microscópio digital, e os resultados são apresentados na Figura 4.

Figura 4- Imagens das microcápsulas obtidas por microscópio digital.



a) Microcápsula de Rosa mosqueta b) Microcápsula de Camomila

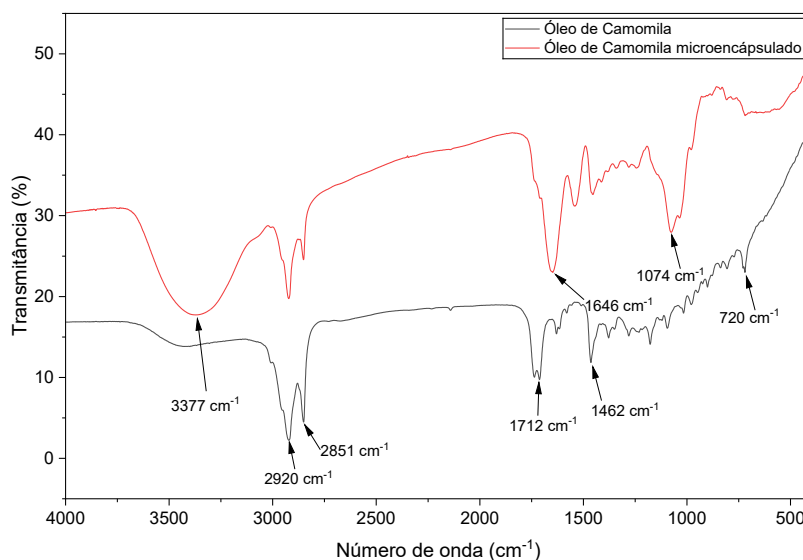
Fonte: Autor, 2026.

As análises revelam que as microcápsulas, apresentaram-se dentro do padrão esperado para o método utilizado, sendo possível observar a formação de partículas com morfologia predominantemente esférica e com distribuição de tamanho relativamente uniforme. A superfície das microcápsulas de rosa mosqueta mostrou-se lisa e contínua, indicando o completo recobrimento do núcleo oleoso pela parede polimérica. De forma similar, as microcápsulas de camomila exibiram formato esférico e uma parede íntegra, essencial para a retenção do extrato em seu interior. A ausência de rupturas significativas e a regularidade do formato são fortes indicativos da eficiência do processo de encapsulamento.

A Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi empregada como uma ferramenta confirmatória para verificar o sucesso do encapsulamento, analisando a presença dos compostos ativos (óleos de rosa mosqueta e camomila) no interior das

microcápsulas após o processo de coacervação complexa. Esta técnica permite identificar os grupos funcionais característicos dos materiais e confirmar que o ativo foi fisicamente aprisionado sem sofrer alterações químicas significativas (Gosh, 2020). Na Figura 5 é possível observar o espectro de infravermelho obtido para o extrato e microcápsula de camomila.

Figura 5- Espectro de infravermelho do extrato e microcápsulas de camomila.

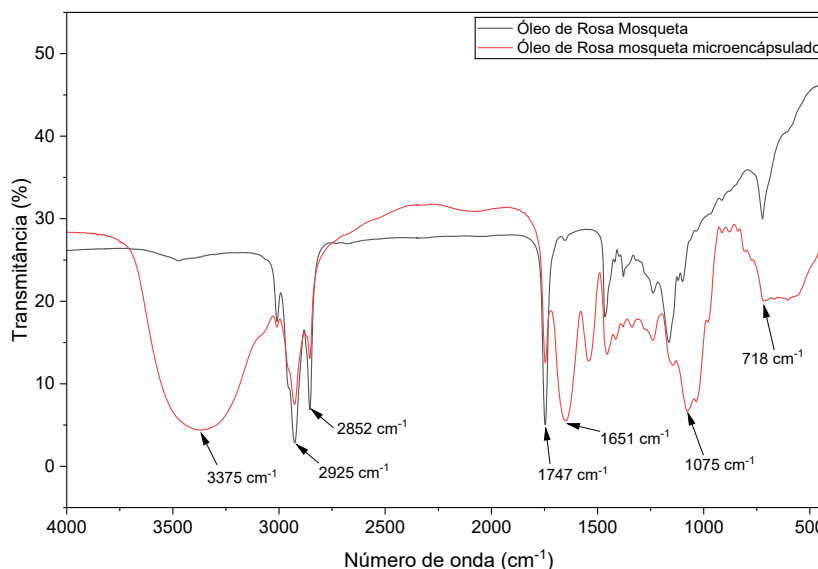


Fonte: Autor, 2026.

De forma análoga, a análise do extrato de camomila puro revela picos associados aos seus principais constituintes, como o α -bisabolol e o camazuleno. Já as bandas observadas para a microcápsula, é possível observar em 3377 cm^{-1} , uma banda larga e intensa referente ao estiramento da ligação N-H e O-H da gelatina e goma arábica, assim como em 1646 cm^{-1} a banda característica da carbonila de amida. Com isso, é possível concluir que houve o encapsulamento, pois não existem as mesmas bandas observadas no espectro do extrato de camomila.

O espectro de FTIR da microcápsula de camomila demonstra claramente a presença dos picos característicos dos polímeros de parede, como discutido anteriormente. Crucialmente, as principais absorções que caracterizam esses sistemas são apresentadas no espectro, indicando que o extrato foi retido dentro da micropartícula, pois caso isso não tivesse ocorrido, uma mistura de sinais tanto da cápsula quanto do extrato, seriam observados (Ciko, 2016). Na Figura 6 é possível observar o espectro de infravermelho obtido para o extrato de rosa mosqueta e sua microcápsula.

Figura 6- Espectro de infravermelho do óleo e microcápsulas de Rosa mosqueta.



Fonte: Autor, 2026.

O espectro de FTIR para o óleo de rosa mosqueta exibe bandas de absorção intensas e características de óleos vegetais ricos em triglicerídeos e ácidos graxos insaturados, como os ácidos linoleico e linolênico. As principais bandas observadas são: 2925 cm^{-1} e 2852 cm^{-1} : Correspondem aos estiramentos assimétricos e simétricos das ligações C-H dos grupos metileno ($-\text{CH}_2$) e metila ($-\text{CH}_3$) presentes nas longas cadeias de ácidos graxos; 1745 cm^{-1} : banda característica do estiramento da ligação carbonila ($\text{C}=\text{O}$) de grupos ésteres dos triglicerídeos, que são o principal componente de óleo; 1160 cm^{-1} atribuída ao estiramento da ligação C-O, também associada aos grupos ésteres (Santana, 2015).

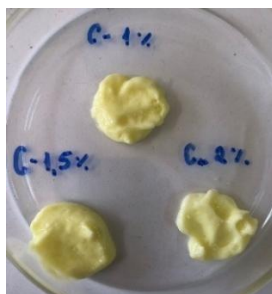
Ao analisar o espectro das microcápsulas de rosa mosqueta é possível observar a banda característica do grupo NH e OH da gelatina e goma arábica em 3400 cm^{-1} , bem como a banda característica do grupo carbonila e ligação C-N em 1747 cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$). A presença destes picos no espectro da microcápsula é a principal evidência de que o óleo foi efetivamente encapsulado e está presente no interior da matriz polimérica (gelatina e goma arábica).

Adicionalmente, o espectro da microcápsula exibe novas bandas largas e intensas, que não estão presentes no óleo puro. Destaca-se uma banda larga em torno de 3400 cm^{-1} , referente aos estiramentos de ligações O-H e N-H dos polímeros (goma arábica e gelatina). A combinação dos picos do óleo e dos polímeros encapsulantes confirma o sucesso do processo de encapsulamento por coacervação complexa (Santana, 2015).

INSERÇÃO DAS MICROCÁPSULAS NO CREME HIDRATANTE

Com as capsulas sintetizadas, estas foram incorporadas a emulsão de creme hidratante contendo a porcentagem escolhida de óleo da biomassa de pequi. Foram adicionadas nas quantidades de 1, 1,5 e 2% de ambas as microcápsulas na emulsão de 3% de óleo de pequi. O creme final com as microcápsulas obteve resultados organolépticos esperados, não demonstrando separação de fases ou apresentação de grumos, mantendo uma emulsão homogênea, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7- Creme hidratante contendo as microcápsulas.



Fonte: Autor, 2026.

TESTES DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CREMES HIDRATANTES OBTIDOS

A primeira avaliação realizada foi a análise macroscópica preliminar, conduzida 24 horas após o preparo. Este teste visa a detecção de alterações organolépticas (cor, consistência) ou indicadores de instabilidade física, como separação de fases, sedimentação ou formação de grumos (Anvisa, 2008). Conforme os dados apresentados na Tabela 1, nenhuma das formulações analisadas apresentou qualquer alteração na consistência ou apresentou a formação de grumos, mantendo as características esperadas para uma emulsão estável, apresentando apenas mudanças na coloração. A manutenção da cor, consistência e estabilidade macroscópica são parâmetros primordiais no controle de qualidade de emulsões. Tais observações corroboram os achados de Figueiredo (2014) e Do Rosário (2021), cujas formulações também demonstraram estabilidade macroscópica inicial, reforçando a importância desta análise. Para os resultados organolépticos dos cremes produzidos, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultado dos testes organolépticos.

Formulação	Homogeneidade			Cor			Aroma		
	Inicial	30 d	60 d	Inicial	30 d	60 d	Inicial	30 d	60 d
1% óleo de pequi	V	V	V	Branca	Branca	Branca	V	V	V
2% óleo de pequi	V	V	V	Amarelo Claro	Branca	Branca	V	V	V
3% óleo de pequi	V	V	V	Amarelo	Amarelo Claro	Branca	V	V	V
1,0% de cápsulas	V	V	V	Amarelo	Amarelo Claro	Branca	V	V	V
1,5% de cápsulas	V	V	V	Amarelo	Amarelo Claro	Branca	V	V	V
2,0% de cápsulas	V	V	V	Amarelo	Amarelo Claro	Branca	V	V	V

d = dias; V= bom X= ruim.

Fonte: Autor, 2026.

Uma alteração notável, contudo, foi observada no parâmetro da coloração ao longo do tempo. As formulações que continham a biomassa de pequi apresentavam, inicialmente, uma coloração amarelada, conferida pelos pigmentos naturais do fruto. No decorrer dos testes, observou-se um clareamento progressivo dessas amostras, que passaram a exibir uma tonalidade esbranquiçada. Este fenômeno pode ser atribuído à degradação dos carotenoides, compostos responsáveis pela cor característica do pequi. Sabe-se que os carotenoides são moléculas quimicamente instáveis e suscetíveis à oxidação quando expostas a fatores como luz, oxigênio e variações de temperatura. Na Tabela 2 encontram-se os resultados de pH e centrifugação obtidos.

Tabela 2- Análise de estabilidade em diferentes temperaturas.

Formulação	pH t.a			pH geladeira			Centrifugação		
	Inicial	30 d	60 d	Inicial	30 d	60 d	Inicial	30 d	60 d
Formulação 3% de óleo e 1% de capsulas	5,80	6,37	4,12	5,80	5,63	6,05	S	S	S
Formulação 3% de óleo e 1,5% de capsulas	5,56	5,87	3,65	5,56	5,23	6,48	S	S	S

Formulação 3% de óleo e 2,0% de capsulas	5,59	6,12	3,83	5,59	5,66	5,28	S	S	S
--	------	------	------	------	------	------	---	---	---

d = dias; S= sem alterações; C= com alterações;

Fonte: Autor, 2026.

A avaliação do pH é um parâmetro determinante para a segurança e eficácia de produtos cosméticos de uso tópico. A pele humana possui um pH fisiológico levemente ácido, geralmente entre 4,5 e 6,5, e este ambiente é crucial para a manutenção da função de barreira cutânea, protegendo-a contra microrganismos e agentes irritantes (Alves et al., 2016). Cremes hidratantes que apresentam pH dentro dessa faixa ajudam a preservar o equilíbrio natural da pele, prevenindo problemas como ressecamento e irritação. Portanto, a verificação do pH das formulações foi uma etapa essencial para garantir a sua compatibilidade com a pele. Com isso, é representado na tabela 2 que os cremes de 60 dias que ficaram na temperatura ambiente apresentaram pH um pouco abaixo do esperado enquanto as armazenadas na geladeira ficaram dentro da faixa ideal de pH.

Este fenômeno foi um indicativo de instabilidade físico-química, atribuído à degradação de componentes da formulação, que foi acelerada pela temperatura mais elevada, a causa mais provável, considerando a presença de 3% de óleo na base, foi a oxidação lipídica, processo que quebra os triglicerídeos em ácidos graxos livres, acidificando o meio. Este comportamento foi consistente com a literatura, que descreveu a diminuição do pH como um resultado esperado em testes de estabilidade de emulsões, indicando reações de degradação da fase oleosa ou hidrólise de ésteres (Isaac et al., 2008).

A estabilidade superior das amostras refrigeradas corroborou com essa teoria, visto que o frio retardou a velocidade dessas reações. Portanto, os resultados indicaram que o armazenamento em temperatura ambiente comprometeu a integridade química do produto ao longo do tempo, reforçando a importância das condições de armazenamento para garantir sua eficácia. Por outro lado, os testes de centrifugação em ambas as temperaturas não apresentaram nenhum tipo de alteração na homogeneidade das formulações testadas durante os 60 dias de análise.

Para o teste de densidade, o creme branco obteve o valor de 0,628 g/mL, enquanto as formulações com adição de óleo de pequi registraram 0,909, 0,840 e 0,907 g/mL para as concentrações de 1, 2 e 3%, respectivamente.

AValiação da Capacidade Fotoprotetora

Na Tabela 3 é possível observar os dados obtidos para a avaliação da capacidade fotoprotetora dos cremes hidratantes sem a adição de óleo de pequi e nas concentrações de 1, 2 e 3%.

Tabela 3- Cálculo de FPS dos cremes hidratantes obtidos.

Formulação	Parâmetro	λ (nm)							FPS
		290	295	300	305	310	315	320	
Sem óleo	ABS _m	0,723	0,417	0,346	0,335	0,331	0,327	0,324	3,49
	EE (λ). I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	
	FPS _{parc.}	0,0108	0,0341	0,0994	0,1098	0,0617	0,2740	0,0580	
1%	ABS _m	0,854	0,594	0,505	0,494	0,487	0,481	0,477	5,08
	EE (λ). I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	
	FPS _{parc.}	0,0128	0,0485	0,1451	0,1619	0,0908	0,0404	0,0086	
2%	ABS _m	1,174	0,905	0,765	0,756	0,753	0,748	0,743	7,76
	EE (λ). I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	
	FPS _{parc.}	0,0176	0,0739	0,2199	0,2478	0,1404	0,0628	0,0134	
3%	ABS _m	1,181	0,910	0,773	0,763	0,756	0,751	0,745	7,82
	EE (λ). I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	
	FPS _{parc.}	0,0177	0,0743	0,2221	0,2501	0,1409	0,0630	0,0134	

Fonte: Autor, 2026.

Através da análise dos dados, foi possível observar o efeito fotoprotetor do óleo de pequi. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para que um produto seja fotoprotetor, ele deve apresentar um FPS mínimo de 6. A classificação de eficácia estabelece que produtos com FPS entre 6 e 14 são de "baixa proteção" (Anvisa, 2024). O creme base sem a adição do óleo, apresentou um FPS final de 3,49. Este valor, por estar abaixo do mínimo exigido pela legislação, não qualifica a formulação como um protetor solar, servindo apenas como um ponto de partida para a análise.

Com a adição de 1% de óleo de pequi, o FPS da formulação subiu para 5,08, representando uma melhora, mas ainda insuficiente para atender ao requisito mínimo de FPS 6. Somente com o acréscimo de 2% de óleo de pequi é que a formulação passou a atender à

exigência, alcançando um FPS de 7,76 e enquadrando-se na categoria de "baixa proteção". A formulação com 3% de óleo de pequi registrou um FPS final de 7,82, demonstrando ser o creme com o FPS mais alto alcançado e dentro da faixa de baixa proteção.

Os resultados demonstraram que a incorporação de óleo de pequi na emulsão foi eficaz para aumentar seu Fator de Proteção Solar. Observou-se um aumento progressivo no FPS à medida que a concentração do óleo era elevada, permitindo que as formulações com 2% e 3% atingissem o mínimo necessário para serem classificadas como fotoprotetores de baixa eficácia. A análise comparativa indicou que a formulação contendo 3% de óleo de pequi ofereceu o melhor desempenho. No entanto, para que o produto seja considerado um protetor solar de alta eficácia (FPS 30 ou superior), seria necessário o desenvolvimento de uma formulação mais robusta, provavelmente com a associação de outros filtros UV (Anvisa, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo concluiu com sucesso que o óleo de pequi possui um notável potencial como ativo fotoprotetor natural, validando a riqueza da biodiversidade brasileira para a inovação cosmética. A formulação desenvolvida atingiu um Fator de Proteção Solar (FPS) de 7,82, classificando-se como de "baixa proteção" segundo as normas da ANVISA. Apesar do sucesso em atingir o requisito mínimo, os testes de estabilidade apontaram desafios importantes, como a degradação da cor e a queda do pH em temperatura ambiente. Tais resultados indicam a necessidade de otimizar a fórmula, possivelmente com a adição de antioxidantes para garantir sua integridade. A tecnologia de encapsulamento demonstrou ser uma ferramenta eficaz para proteger ativos sensíveis.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro recebido da CAPES, CNPq, PROPESQ/UFT, FAPTO, FAPT. À Universidade Federal do Tocantins pela estrutura e ao Programa de Pós-graduação em Química.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos**. 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>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Manual de Regularização de Protetores Solares**. Brasília, DF: Anvisa, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/manual-de-protetor-solar.pdf/view>

AMARAL, F. **Técnicas de Aplicações de óleos essenciais: terapias de saúde e beleza**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2015. 236 p.

ZAMBRANO GAVILANES, F. et al. Extração e avaliação do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) oriundo das cercas vivas de Manabí Equador. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. 4, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v4i1.37755>.

ARAÚJO, A.M. et al. Avaliação da atividade e eficácia do óleo vegetal de Rosa canina como agente despigmentante: estudo de revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, São Paulo, [S. l.], v. 14, pág. 8-9, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36674>.

BALEST, Aiessa Pagliarini. **Caracterização e estudo de estabilidade de suspensões de nanocápsulas poliméricas contendo óleo de pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)**. 62p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia). Universidade de Brasília, Ceilândia, 2013. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/6629/1/2013_AiessaPagliariniBalest.pdf.

BELLAVER, D. de C. **Inchamento/dissolução e estabilidade de biopolímeros em óleos essenciais utilizados para obtenção de nanocápsulas de poli (ϵ -caprolactona) via nanoprecipitação. 2021**. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232730/001133844.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BERGOLD, A. M. et al. Avaliação de um método para a determinação do fator de proteção solar do Eusolex 6300 por espectrofotometria no ultravioleta em diferentes concentrações de preparações magistrais. **Caderno de Farmácia**, v. 9, n. 1, p. 17-22, 1993. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19317/000264157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CIKO, L. et al. Um estudo sobre extração de óleo de camomila albanesa e caracterização por espectroscopia de infravermelho. **Journal of International Environmental Application and Science**, v. 11, n. 2, p. 154-158, 2016. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/571496>

DE MIRANDA, P. H. O. et al. Perfil químico e atividades biológicas do gênero *Caryocar*: Uma revisão de literatura. **Revista brasileira de meio ambiente**, Pernambuco, v. 7, n. 1, p. 134-136, 2019. <https://doi.org/10.66205/rvbma.v7i1.297>

DE MORAIS, M. J. et al. Caracterização da casca de pequi (*Caryocar Brasiliense Camb*) para sua utilização como biomassa. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. 2016, Goiás. **Anais Inovação: inclusão social e direitos**. Universidade Estadual de Goiás, 2017. p. 1-7. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/8308>.

DIAS, R. L. **Espectroscopia óptica: ultravioleta/visível (uv-vis) e infravermelho médio (mir) na caracterização de amostras de óleos vegetais amazônicos**. 49p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal do Oeste do Pará. 2023. Disponível em:
<https://repositorio.ufopa.edu.br/items/3b10c095-13ae-4580-a772-716e5a737709>

DO ROSÁRIO, M. S. et al. Estudo de estabilidade de emulsão cosmética com potencial de creme hidratante para o tratamento da xerose cutânea utilizando o óleo de babaçu (*Orbignya phalerata martius*). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 7-11, 2021.
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-596>

GHOSH, S. K. Functional coatings and microencapsulation: a general perspective. **Functional Coatings: by polymer microencapsulation**, p. 1-28, 2006.
<https://doi.org/10.1002/3527608478.ch1>

ISAAC, V. L. B. et al. Protocolo para ensaios físico-químicos de estabilidade de fitocosméticos. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, v. 29, n. 1, p. 81-96, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c3241dc9-5c79-430f-acba-b6c84700fd2c/content>

LEONARDI, G. R. et al. **Cosmetologia Aplicada**. Livraria e Editora Medfarma, ed. 2005.

LOPES, L. G. et al. Efeitos biológicos da radiação ultravioleta e seu papel na carcinogênese de pele: uma revisão. **Revista Eletrônica da Faculdade de Ceres**, Goiás, v. 7, n. 1, p. 117-146, 2018. <https://doi.org/10.36607/refacer.v7i1.3327>.

LUI, D. C. G. **Prevenção de lesões de pele: Desenvolvimento de formulação tópica de micropartículas de quitosana com Chamomilla recutita (L.) rauschert e estudos preliminares de seu uso**. 2016. Tese (Doutorado em Enfermagem) - Universidade de São Paulo, Programa de Interunidades de Doutorado em Enfermagem, 2019.
<https://doi.org/10.11606/T.83.2019.tde-31072019-151849>.

MANSUR, J. de S. et al. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 61, p. 121-124, 1981.

PEGORIN, G. S. et al. A Sustainable Raw Material for Phytocosmetics: The Pulp Residue from the Caryocar brasiliense Oil Extraction. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [S.l.], v.32, n.5, p.827-833, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/066fe286-dcb8-4959-9e7b-5b10b8abd1f7/content>.

PEREIRA, N. R. **Otimização do processo de produção de biodiesel pelas rotas convencional e in situ a partir das amêndoas do Dipterix alata Vog (baru) utilizando Metodologia de Superfície de Resposta**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17291/1/OtimizacaoProcessoProducao.pdf>.

SANTANA, F. B. de et al. **Uso de espectroscopia no infravermelho médio e análise discriminante por quadrados mínimos parciais na determinação de adulterações em óleos de andiroba, primula e rosa mosqueta**. 78p. Programa de Pós-graduação em Química (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17445/1/UsoEspectroscopiaInfravermelho.pdf>

SANTI, G. N. et. al. Aplicação de plantas nativas do Cerrado para o desenvolvimento de fitocosméticos e preservação do bioma: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, 29481–29496, 2023. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n11-013>

SANTOS, F. S. et al. A cultura do pequi (Caryocar brasiliense camb). **Acta Iguazu**, Paraná, v.2, n.3, p.46-57, 2013.

SANTOS, A. R. F. da C. et. al. Matricaria chamomilla L: propriedades farmacológicas. **Archives of Health Investigation**, [S. l.], v. 8, n. 12, 2020. <http://doi.org/10.21270/archi.v8i12.4654>.

SCHMALTZ, C. et al. Nanocápsulas como uma tendência promissora na área cosmética: a imensa potencialidade deste pequeno grande recurso. **Infarma**, Rio Grande do Sul, v. 16, n. 13-14, p. 80-85, 2005. <https://revistas.cff.org.br/infarma/article/view/292>.