

# DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA FORMULAÇÃO FOTOPROTETORA E ANTIOXIDANTE COM ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexuosa* L.)

<sup>1</sup>Júlia Lize Alves da Silva & <sup>2</sup>Carolina Gomes Benevenuto Moreira

## RESUMO

**Objetivos:** Desenvolver e avaliar uma formulação fotoprotetora e antioxidante baseada na associação entre o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e o óleo vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L.).

**Métodos:** A emulsão foi desenvolvida pelo método de inversão de fases e os parâmetros físico-químicos e organolépticos foram avaliados de acordo com as diretrizes da ANVISA. Foram avaliados *in silico* o fator de proteção solar (FPS), razão UVA/UVB e comprimento de onda crítico da formulação. No ensaio de fotoestabilidade, amostras do óleo de buriti foram expostas à radiação solar entre 10h e 15h. As áreas sobre as curvas (AUC) dos espectros de absorção da amostra controle e das amostras irradiadas foram calculadas.

**Resultados:** Na concentração de 10% de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), obteve-se os valores teóricos de FPS = 18,6, razão UVA/UVB de 0,31 e comprimento de onda crítico de 379 nm. A formulação final apresentou cor bege claro, odor característico do óleo de buriti, aspecto homogêneo e pH médio de 5,9. No estudo de estabilidade preliminar, a formulação se apresentou estável, não havendo alterações na cor, odor, aspecto e pH durante o período de teste. O óleo de buriti foi considerado fotoestável em todas as faixas do espectro de absorção, o que pode estar relacionado a presença de β-caroteno e tocoferóis, que são compostos fotossensíveis.

**Conclusão:** A formulação se apresentou estável quanto às propriedades organolépticas e físico-químicas, entretanto, o óleo de buriti foi considerado fotoestável. Pesquisas futuras poderão confirmar a fotoestabilidade ou promover ações para garantir a fotoestabilidade do óleo na formulação.

**Palavras chave:** Filtros solares. Cosméticos naturais. Ativos vegetais.

Recebido: 11/02/2025

Aprovado: 05/08/2025

DOI: <https://doi.org/10.19141/2237-3756.lifestyle.v13.n00.pe1859>

<sup>1</sup> Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP, Campus Engenheiro Coelho, São Paulo, (Brasil). E-mail: [julialize2014@gmail.com](mailto:julialize2014@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP, Campus Engenheiro Coelho, São Paulo, (Brasil). E-mail: [carolina.benevenuto@alumni.usp.br](mailto:carolina.benevenuto@alumni.usp.br)

# DEVELOPMENT OF A PHOTOPROTECTIVE AND ANTIOXIDANT FORMULATION WITH BURITI OIL (*Mauritia flexuosa* L.)

## ABSTRACT

**Objectives:** To develop and assess a photoprotective and antioxidant formulation based on the association between titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and buriti vegetable oil (*Mauritia flexuosa* L.).

**Methods:** The emulsion was developed by the phase inversion method and the physicochemical and organoleptic parameters were evaluated according to ANVISA guidelines. The sun protection factor (SPF), UVA/UVB ratio and critical wavelength of the formulation were evaluated in silico. In the photostability test, buriti oil samples were exposed to solar radiation between 10 am and 3 pm. The areas over the curves (AUC) of the absorption spectra of the control sample and the irradiated samples were calculated.

**Results:** At the concentration of 10% titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>), the theoretical values of SPF = 18.6, UVA/UVB ratio of 0.31 and critical wavelength of 379 nm were obtained. The final formulation presented a light beige color, characteristic odor of buriti oil, homogeneous aspect and an average pH of 5.9. In the preliminary stability study, the formulation was stable, with no changes in color, odor, appearance and pH during the entire test period. Buriti oil was considered photounstable in all ranges of the absorption spectrum, which may be related to the presence of β-carotene and tocopherols, which are photosensitive compounds.

**Conclusion:** The formulation was stable in terms of organoleptic and physicochemical properties, however, buriti oil was considered photounstable. Future research may confirm photoinstability or promote actions to ensure the photostability of the oil in the formulation.

**Keywords:** Sunscreens. Natural cosmetics. Plant actives.

# DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA FORMULACIÓN FOTOPROTECTORA Y ANTIOXIDANTE CON ACEITE DE BURITI (*Mauritia flexuosa* L.)

## RESUMEN

**Objetivos:** Desarrollar y evaluar una formulación fotoprotectora y antioxidante basada en la asociación entre el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) y el aceite vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L.).

**Métodos:** La emulsión fue desarrollada mediante el método de inversión de fases y se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y organolépticos según las directrices de ANVISA. Se evaluaron in silico el factor de protección solar (FPS), la razón UVA/UVB y la longitud de onda crítica de la formulación. En el ensayo de fotoestabilidad, las muestras de aceite de buriti fueron expuestas

a radiação solar entre las 10h y las 15h. Se calcularon las áreas bajo la curva (AUC) de los espectros de absorción de la muestra control y de las muestras irradiadas.

**Resultados:** A una concentración del 10% de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), se obtuvieron valores teóricos de FPS = 18,6, una razón UVA/UVB de 0,31 y una longitud de onda crítica de 379 nm. La formulación final presentó un color beige claro, olor característico del aceite de buriti, aspecto homogéneo y un pH medio de 5,9. En el estudio de estabilidad preliminar, la formulación se mantuvo estable, sin cambios en el color, olor, aspecto y pH durante el período de prueba. El aceite de buriti fue considerado fotoestable en todas las franjas del espectro de absorción, lo que puede estar relacionado con la presencia de β-caroteno y tocoferoles, compuestos fotosensibles.

**Conclusión:** La formulación se presentó estable en cuanto a sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas; sin embargo, el aceite de buriti fue considerado fotoestable. Futuras investigaciones podrán confirmar esta fotoestabilidad o promover acciones para garantizar la fotoestabilidad del aceite en la formulación.

**Palabras clave:** Filtros solares; Cosméticos naturales; Activos vegetales.

## INTRODUÇÃO

A exposição inadequada aos raios ultravioletas (UV) pode desencadear complicações como queimaduras solares, bronzeamento e fotoenvelhecimento nos indivíduos expostos, além de constituir um fator de risco para o desenvolvimento de câncer de pele (CADET; DOUKI, 2018). Dessa forma, destaca-se a importância de incorporar o uso de produtos cosméticos fotoprotetores na rotina de cuidados com a pele (HIRST et al., 2012). Existem dois tipos de filtros solares que são aplicados nestes produtos para conferir a atividade fotoprotetora e que podem ser combinados a fim de alcançar um efeito fotoprotetor UVB e UVA de amplo espectro, são os filtros químicos (ou orgânicos) e os físicos (ou inorgânicos) (LIONETTI; RIGANO, 2017).

Diversos estudos têm atribuído aos filtros solares químicos sintéticos o potencial de causar danos à pele, como irritação e alergias (DROMGOOLE; MAIBACH, 1990)(LANDERS; LAW; STORRS, 2003). Há também evidências na literatura sobre a toxicidade desses compostos em ecossistemas marinhos (AMANKWAH et al., 2024). Por outro lado, os filtros solares físicos, dióxido de titânio e óxido de zinco, são considerados mais seguros, por apresentarem um perfil de penetração limitada na pele e baixo potencial de irritação e sensibilização cutânea (SCHNEIDER; LIM, 2019).

Nesse contexto, estudos recentes têm sido direcionados à busca por compostos de origem natural como alternativa à utilização de filtros solares químicos sintéticos. A floresta amazônica, em função de sua riqueza e biodiversidade, destaca-se como fonte promissora de

matérias-primas para a indústria cosmética. Já existem evidências na literatura da atividade antioxidante de extratos e óleos vegetais obtidos de espécies da região amazônica, que sustentam o seu uso em formulações de protetores solares (MIGUEL, 2007).

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.) é uma espécie nativa da região Amazônica, cujo fruto, buriti, apresenta composição rica em ativos antioxidantes como tocoferóis, ácido ascórbico, ácido oleico e carotenoides, especialmente o  $\beta$ -caroteno (LIMA et al., 2009) (DARNET et al., 2011).

Devido à existência de uma lacuna no mercado quanto à provisão de formulações cosméticas naturais que possuam graus desejáveis de FPS, bem como considerando a eficácia em fotoproteção oferecida pelos filtros físicos, considera-se a associação de ativos naturais amazônicos com os filtros físicos um alvo interessante para pesquisa (GOMES, 2020). Diante do exposto, o estudo em questão propõe desenvolver uma formulação cosmética fotoprotetora baseada na associação entre o óleo de buriti e o filtro físico dióxido de titânio.

## OBJETIVOS

Desenvolver uma emulsão natural com ação fotoprotetora baseada na associação entre o óleo vegetal de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e o filtro físico dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), além de avaliar a estabilidade das características físico-químicas e organolépticas da formulação e a fotoestabilidade do óleo de buriti.

## MÉTODOS

O projeto foi registrado junto ao Escritório de Apoio ao Pesquisador (EAP) do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP). Trata-se de uma pesquisa de caráter experimental, conduzida no Laboratório de Tecnologia Farmacêutica do curso de Farmácia do UNASP, campus Engenheiro Coelho.

## ESTIMATIVA DO FPS *IN SILICO* DA FORMULAÇÃO

A concentração do filtro inorgânico foi determinada com o auxílio do software Sunscreen Simulator® (BASF), visando obter uma formulação com fator de proteção solar (FPS) teórico em torno de 20. Após testar diferentes combinações do filtro dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), a concentração de 10% foi selecionada por apresentar valores compatíveis com o FPS desejado, além de atender aos critérios sensoriais da formulação.

A utilização do Sunscreen Simulator® como ferramenta de predição do FPS tem respaldo em estudos prévios, que demonstram boa correlação entre os valores estimados *in silico* e aqueles obtidos por métodos *in vitro* e *in vivo*, mesmo na presença de pigmentos (CAETANO et al., 2016) (HERZOG, et al., 2003).

## DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO

Para o desenvolvimento da formulação fotoprotetora, foi produzida uma emulsão cujos componentes e suas respectivas concentrações, foram escolhidos com base na literatura. A formulação está descrita na tabela 1:

**Tabela 1** – Formulação fotoprotetora com óleo de Buriti.

Fase	INCI	%
A	Cetearyl Olivatate (and) Sorbitan Olivatate	6
	Caprylic/Capric Triglyceride	3
	Butylhydroxytoluene (BHT)	0,5
	<i>Mauritia flexuosa</i> oil	5
B	Aqua (Water)	qsp
	Dissodium EDTA	0,1
	Titanium Dioxide	10
C	Sorbitan Caprylate (and) Propanediol (and) Benzoic Acid	1
	Glycerin	2
	Sodium Acrylates Copolymer (and) Lecithin	1
	CI 77499 (Iron oxide)	0,05
	CI 77491 (Iron oxide)	0,1

Fonte: elaborada pela autora.

A emulsão foi preparada pela técnica de inversão de fases. Inicialmente, as fases A (fase oleosa) e B (fase aquosa) foram aquecidas, separadamente, em banho maria, até alcançar temperatura de 70 °C. Em seguida, sob agitação constante em um agitador mecânico, a fase B foi vertida sobre a fase A para formação da emulsão. A emulsão permaneceu sob agitação até

que estivesse resfriada (< 40 °C). Após resfriamento, foram adicionados os componentes da fase C. Para adição dos pigmentos, foi realizada uma etapa prévia de solubilização dos mesmos na glicerina, separadamente. Por fim, a emulsão foi colocada novamente sob breve agitação para garantir a completa incorporação dos componentes.

## TESTE DE CENTRIFUGAÇÃO

Para verificar a ocorrência de separação de fases na formulação, as amostras foram submetidas à centrifugação em uma centrífuga de bancada, modelo K14-4000. Foram pesados 5 g de amostra em tubos Falcon e colocados sob rotação de 3000 rpm, durante 30 min.

## TESTE DE ESTABILIDADE PRELIMINAR

Após o teste de centrifugação, a formulação foi conduzida ao estudo de estabilidade preliminar de acordo com o Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2004), sendo monitorados seus parâmetros organolépticos (cor, odor e aspecto) e físico-químicos (pH).

Para a realização deste teste, as amostras obtidas em triplicata, tiveram os parâmetros de cor, odor, aspecto e pH avaliados e comparados com a amostra controle, mantida em temperatura ambiente, no tempo zero (dia 1) e sucessivamente no 7º, 14º e 28º dia.

Neste período, as amostras foram acondicionadas em frascos de plástico, com tampa de boa vedação, contendo quantidade de produto suficiente para a realização das análises, segundo o Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2004).

As amostras foram submetidas à estufa na temperatura de  $45 \pm 2$  °C. O pH foi determinado com auxílio do pHmetro de bancada PHS-3E. Foram preparadas soluções a 10% (p/p) das amostras em água deionizada, sendo, estas, submetidas diretamente ao medidor do aparelho.

## FOTOESTABILIDADE DO ÓLEO DE BURITI

A fotoestabilidade do óleo de buriti foi analisada de acordo com a metodologia proposta por Prado et al. (2020), com adaptações. Inicialmente, foi feita a leitura do espectro de absorção do óleo de buriti de na faixa de 190nm a 600nm. Para isso, foi preparada uma solução de 4 mg/ml do óleo de buriti em isopropanol.

Para a análise da fotoestabilidade, 2 mL do óleo de buriti foi espalhado sobre uma placa de petri, de forma a cobrir toda área da placa. A placa controle foi mantida ao abrigo de luz e as

placas com amostra foram expostas a luz solar natural, no período de 10h às 15h da tarde. A exposição ao ar livre foi realizada na cidade de Engenheiro Coelho em um dia ensolarado. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a temperatura máxima foi de 34°C, mínima de 18° e índice UV máximo de 13, considerado alto.

Depois disso, a amostra controle (não irradiada) e as amostras irradiadas foram diluídas em isopropanol para atingir uma concentração final de 4 mg/mL. Para obter os espectros de absorção, as soluções foram analisadas no espectrofotômetro na faixa de comprimento de onda de 190-600 nm.

### DETERMINAÇÃO DA ÁREA SOBRE A CURVA (AUC)

As áreas sob as curvas (AUC) de absorbância vs. comprimento de onda antes e depois da exposição à luz solar foram calculadas para o espectro UV total (280-400 nm), UVB (280-320 nm), UVA (320-400 nm) e luz visível (400-530 nm). Se a área sob o índice da curva (AUCI = AUC amostra irradiada/AUC amostra não irradiada) for superior a 0,8 a amostra é considerada fotoinstável. As determinações da AUC foram realizadas usando o GraphPad Prism®. Foi obtida a razão entre a integral do espectro de absorção na faixa UVA/UVB (DIFFEY, 1994).

### RESULTADOS

A formulação obtida apresentou-se homogênea, de coloração bege e odor típico do óleo vegetal de buriti. A composição característica de um gel-creme conferiu a formulação textura suave, de fácil espalhabilidade e agradável ao toque. Os valores teóricos de FPS, razão UVA/UVB e do comprimento de onda crítico da formulação, obtidos por acesso ao simulador de proteção solar Sunscreen Simulator (BASF) estão descritos na tabela 2:

**Tabela 2** - Valores de FPS, razão UVA/UVB e comprimento de onda crítico da formulação.

Filtro	Concentração (%)	FPS	Razão UVA/UVB	Comprimento de onda crítico (nm)
TiO <sub>2</sub>	10	18,6	0,31	379

Fonte: elaborada pela autora.

Estes resultados representam uma estimativa dos valores de FPS, razão UVA/UVB e do comprimento de onda crítico da formulação, que possui em sua composição 10% do filtro

dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). De acordo com a RDC n° 629/2022 da ANVISA, os valores obtidos estão em conformidade com os requisitos necessários para a caracterização de protetores solares, que são FPS de no mínimo 6; FPUVA cujo valor corresponda a, no mínimo, 1/3 do valor do FPS e comprimento de onda crítico mínimo de 370 nm.

Na etapa de triagem da formulação por centrifugação, não houve separação de fases. Deste modo, as amostras da formulação, feitas em triplicata, seguiram para o teste de estabilidade preliminar, nos quais foram submetidas ao aquecimento em estufa, por 28 dias (4 semanas), na temperatura de 45°C, sendo analisadas ao final de cada semana e comparadas com a amostra controle, mantida em temperatura ambiente.

As amostras não apresentaram variações significativas nas características organolépticas, e físico-químicas, tendo sido consideradas estáveis. Os resultados encontrados para avaliação das características organolépticas durante o período de teste, estão descritos na tabela 3:

**Tabela 3** – Resultados das características organolépticas das triplicatas da emulsão.

<b>Aspecto</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Inicial</b>	<b>7° dia</b>	<b>14° dia</b>	<b>28° dia</b>
1	Homogêneo	S/A	S/A	S/A
2	Homogêneo	S/A	S/A	S/A
3	Homogêneo	S/A	S/A	S/A
<b>Cor</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Inicial</b>	<b>7° dia</b>	<b>14° dia</b>	<b>28° dia</b>
1	Bege claro	S/A	S/A	S/A
2	Bege claro	S/A	S/A	S/A
3	Bege claro	S/A	S/A	S/A
<b>Odor</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Inicial</b>	<b>7° dia</b>	<b>14° dia</b>	<b>28° dia</b>
1	Característico do buriti	S/A	S/A	S/A
2	Característico do buriti	S/A	S/A	S/A
3	Característico do buriti	S/A	S/A	S/A

\***Legenda:** S/A = Sem alteração

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Estes resultados demonstram que as características organolépticas da formulação permaneceram estáveis diante do estresse térmico. Com relação às características físico-

químicas, não foram observadas alterações significativas no pH das amostras, que permaneceu entre 5,8 e 5,9 durante todo o período de teste. A tabela 4 apresenta os valores de pH obtidos das triplicatas da emulsão no 1º dia (pH inicial), 7º, 14º e 28º dia.

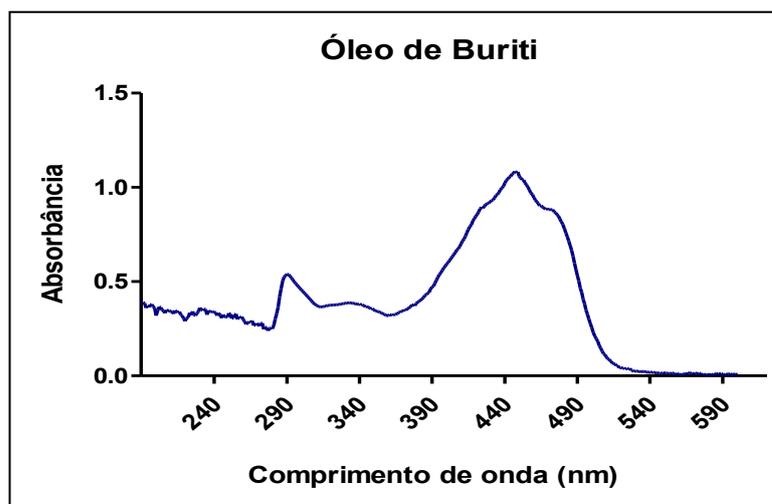
Amostra	pH inicial	7º dia	14º dia	28º dia	Média	Desvio Padrão
1	5,93	5,90	5,92	5,85	5,90	± 0,03
2	5,92	5,91	5,92	5,87	5,91	± 0,03
3	5,93	5,92	5,90	5,86	5,90	± 0,02
<b>pH médio</b>	5,93	5,91	5,91	5,86	5,90	

Fonte: elaborada pela autora.

Estes resultados demonstram que além de permanecerem estáveis, os valores de pH das amostras estão compatíveis com a faixa de pH da pele, que varia de 5,0 a 6,0 dependendo da região anatômica (DU PLESSIS; STEFANIAK; WILHELM, 2018).

Com relação ao ensaio de fotoestabilidade, o espectro de absorção UV-Vis do óleo de Buriti é exibido na figura 1. Pode-se observar que o óleo de Buriti apresenta pico de absorção na região do ultravioleta em 290 nm, e no visível em 447 nm. Sugere-se que a forte absorção de radiação entre 350 nm e 500nm é devida a presença de β-caroteno. Mercadante e Rodriguez-Amaya (2021), avaliaram o espectro de absorção no visível dos isômeros cis e trans de β-caroteno e obtiveram resultados semelhantes.

Figura 1 – Espectro de absorção UV-Vis do óleo de Buriti (190-600nm).



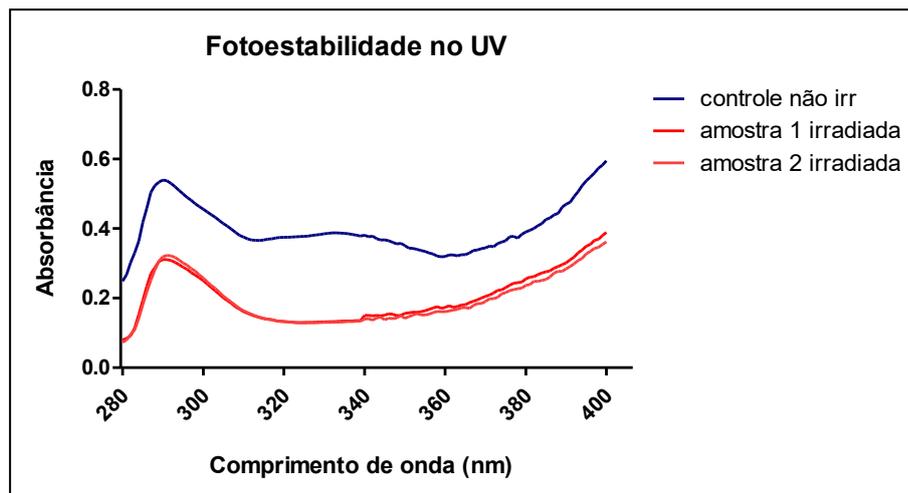
Fonte: elaborada pela autora.

Ademais, ao investigar o enriquecimento de antioxidantes no óleo de buriti extraído com CO<sub>2</sub> supercrítico, Cunha et al. (2012) e Ferreira et. al. (2024) observaram uma composição

química com altas concentrações de ácido oleico, tocoferóis e carotenoides, especialmente  $\beta$ -caroteno, que é responsável pela coloração vermelho-alaranjada do óleo.

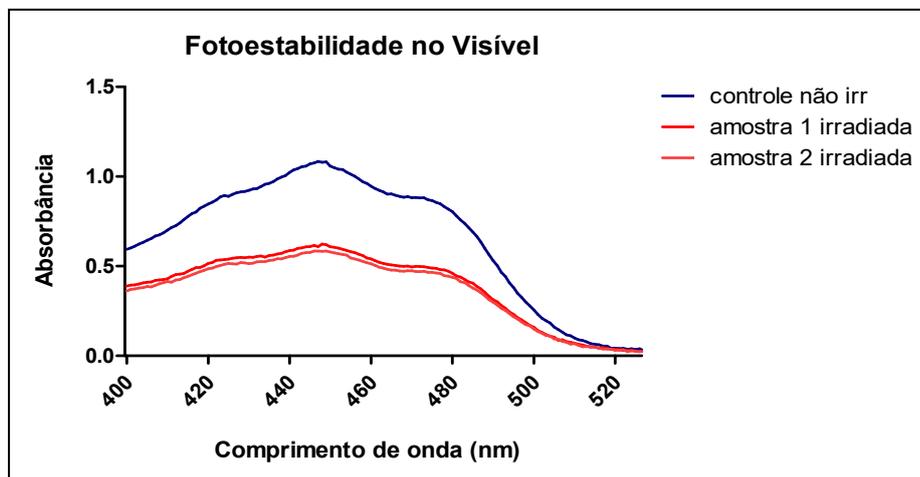
Os gráficos de absorvância vs. comprimento de onda da amostra controle e das amostras irradiadas em duplicata para o espectro UV total (280-400 nm), Visível (400-520 nm), UVB (280-320 nm) e UVA (320-400 nm), estão exibidos abaixo.

**Figura 2** – Fotoestabilidade no espectro UV total (280-400 nm).



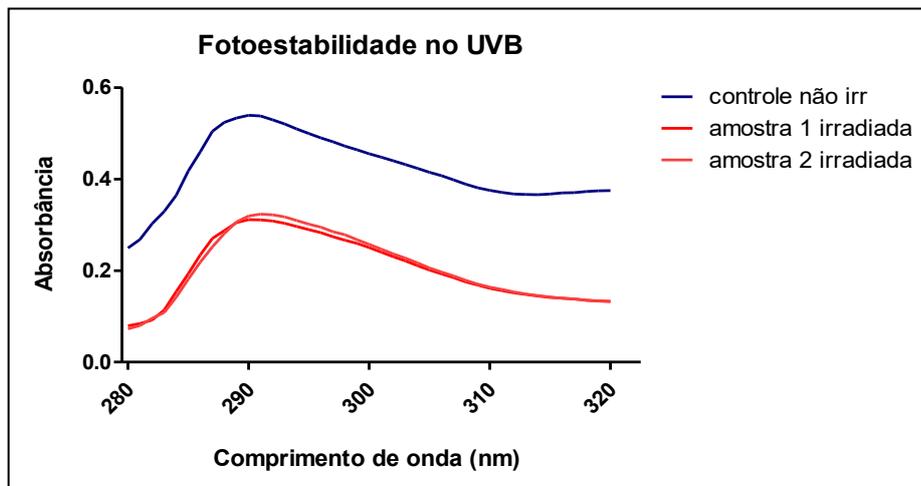
Fonte: elaborada pela autora.

**Figura 3** – Fotoestabilidade no espectro Visível (400-520 nm).

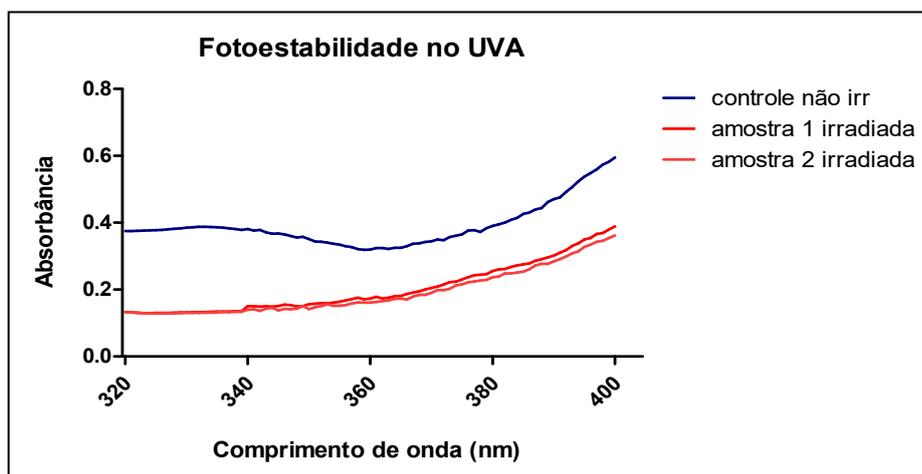


Fonte: elaborada pela autora.

**Figura 4** – Fotoestabilidade no espectro UVB (280-320nm).



**Figura 5** – Fotoestabilidade no espectro UVA (320-400 nm).



Fonte: elaborada pela autora.

Considerando as áreas sob as curvas nos espectros de absorção (280-520nm), observa-se que houve maior absorção de irradiação na região do visível (AUC = 85,34). De forma geral, o óleo de buriti foi considerado fotoinstável em todas as faixas do espectro de absorção, pois houve uma redução de mais de 20% para todos os valores de AUC obtidos para as amostras irradiadas (tabela 5).

**Tabela 5** – Resultados da AUC para amostra controle e amostras irradiadas.

	UV (280-400)		Vis (400-520)		UVB (280-320)		UVA (320-400)	
	AUC	%	AUC	%	AUC	%	AUC	%
<b>Controle</b>	48,11		85,34		16,94		31,17	
<b>Amostra 1</b>	24,46	50,8%	50,79	59,5%	8,266	48,8%	16,2	52,0%
<b>Amostra 2</b>	23,66	49,2%	47,93	56,2%	8,367	49,4%	15,29	49,1%

Fonte: Elaborada pela autora.

Além disso, verificou-se uma relação de proporcionalidade em relação à queda na absorção frente ao UVA e ao UVB, visto que a queda na razão UVA/UVB foi próxima de zero (tabela 6). Dessa forma, o óleo de buriti foi considerado fotoinstável na mesma proporção tanto na região do UVA quanto no UVB.

**Tabela 6** - Razão entre a integral do espectro de absorção na faixa UVA/UVB.

	UVA	UVB	Razão UVA/UVB	Queda na razão UVA/UVB
<b>Controle</b>	31,17	16,94	1,84	-0,03
<b>Média das amostras</b>	15,74	8,31	1,89	

Fonte: elaborada pela autora.

## DISCUSSÃO

De forma geral, a formulação foi considerada estável quanto às propriedades organolépticas e físico-químicas, não apresentando alterações na cor, odor, aspecto e pH durante todo o período de teste. Sendo assim, foi obtida uma formulação natural em conformidade com os padrões de fotoproteção e estabilidade regulamentados pela ANVISA.

Formulações cosméticas com apelo natural, especialmente aquelas baseadas em filtros físicos e óleos vegetais com propriedades antioxidantes, vêm ganhando destaque na literatura científica. Diversos estudos têm explorado a combinação de filtros minerais como o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e o óxido de zinco (ZnO) com ativos naturais. Nesse sentido, Gomes (2020) desenvolveu uma formulação otimizada utilizando óleo de açaí, TiO<sub>2</sub> e ZnO, com alto desempenho fotoprotetor e perfil sensorial satisfatório. Leone (2018) investigou o sinergismo entre filtros sintéticos e o óleo de café verde, observando aumento significativo no FPS das emulsões. Ademais, De Farias (2022) propôs uma emulsão vegana fotoprotetora baseada em extrato de guaraná, óleo de castanha-do-pará e óleo essencial de pau-rosa, destacando o potencial de ativos amazônicos. Selbach (2017), por sua vez, avaliou a associação do óleo de buriti com extrato de chá verde na elaboração de uma nanoemulsão tópica com ação antioxidante.

A formulação proposta neste estudo se diferencia por empregar exclusivamente o óleo de buriti como ativo vegetal antioxidante e fotoprotetor em associação ao dióxido de titânio, resultando em uma emulsão estável, isenta de filtros químicos e com parâmetros teóricos de fotoproteção compatíveis com as exigências regulatórias.

Em relação à fotoestabilidade, foi observado, sob as condições experimentais, uma redução da absorbância para a amostra irradiada, evidenciando uma diminuição da

fotoestabilidade pelo óleo de Buriti, o que pode ser justificado pela presença de compostos fotossensíveis em sua composição, tais como carotenoides e tocoferóis (FERREIRA et al., 2024). Os carotenoides são compostos muito sensíveis a luz devido à presença de grupamentos cromóforos em sua molécula (GALAFFU; BORTLIK; MICHEL, 2015). Nesse sentido, existem vários mecanismos pelos quais os carotenoides podem se degradar, incluindo a fotodegradação e foto-isomerização. Como exemplo, sob a influência de calor e luz, o  $\beta$ -caroteno tende a se isomerizar da forma all-trans para diferentes configurações da forma cis (9-cis- $\beta$ -caroteno, 13-cis- $\beta$ -caroteno, 15-cis- $\beta$ -caroteno) (SCHIEBER; CARLE, 2005).

Reações de fotodegradação, como abstração de hidrogênio, também podem ocorrer, formando um  $\beta$ -caroteno radical. Ademais, quando o  $\beta$ -caroteno excitado retorna ao estado fundamental, pode reagir com os radicais anteriormente formados, levando à formação de  $\beta$ -caroteno cátions radicais (VERDUIN, 2020).

Há também na literatura, diversos estudos que comprovam a fotodegradação de tocoferóis (a-tocoferol, b-tocoferol) pela radiação UVB (KRAMER-STICKLAND; KROL; LIEBLER, 1999) (DE VAUGELADE et al., 2017). Segundo Krol et al. (2001), os mecanismos pelos quais esses compostos se degradam sob influência da luz, estão relacionados à formação de produtos de oxidação (dímeros e trímeros), clivagem do anel cromanol e formação de radicais (R-TH).

Nesse sentido, a busca por métodos capazes de aumentar a estabilidade desses compostos frente a exposição da luz tem sido alvo de pesquisas. Um estudo conduzido por Rahmalia et al. (2024), investigou o aumento da estabilidade da bixina através da complexação com metais.

A bixina pertence a classe dos carotenoides e representa o principal pigmento extraído do urucum (*Bixa orellana* L.). No estudo em questão, a bixina foi complexada com  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  e  $Se^{4+}$ . Estudos de cinética de fotodegradação de primeira ordem demonstraram que os complexos metal-bixina foram mais estáveis do que a bixina isolada. A Se-bixina foi quatro vezes mais estável do que a bixina pura (RAHMALIA et al., 2024)

Até o momento não foram encontrados estudos sobre o aumento da estabilidade do óleo de buriti pela associação com o filtro físico dióxido de titânio ( $TiO_2$ ). No entanto, por se tratar de um óxido metálico, considera-se a complexação do óleo de buriti com o dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) um método potencial para aumentar a estabilidade do óleo frente a exposição da luz.

Ademais, estudos indicam que a fotoestabilidade de antioxidantes naturais pode ser melhorada pela adição de fotoestabilizadores na formulação (SCARPIN et al., 2018; BENEVENUTO et al., 2015; GASPAR; CAMPOS, 2007).

Ao absorver a energia proveniente da radiação solar, compostos orgânicos podem sair do seu estado fundamental eletrônico (S0), para um estado excitado de maior energia, conhecido como estado singlete (S1). Nesse estado, a molécula pode dissipar a energia absorvida através de reações fotoquímicas, que incluem, fotodegradação, formação de radicais livres e fotoprodutos (NASH; TANNER, 2014; SHAATH, 2010; BONDA et al., 2010).

Nesse sentido, os fotoestabilizadores podem prevenir a perda da eficácia de compostos fotossensíveis de duas maneiras: por estabilização estrutural e geométrica da molécula através de interações eletrostáticas e de Van der Waals; e estabilização por dissipação de energia ao receber os elétrons da molécula fotossensível, ou seja, ocorre um intercâmbio de elétrons entre a molécula e o fotoestabilizador (BENEVENUTO et al., 2015; BONDA; O'LENICK, 2008).

Dessa forma, os fotoestabilizadores são considerados *quenchers* ou supressores para os compostos que absorvem radiação solar. Como exemplo pode-se citar o octocrileno (OCR), etilhexil metoxicrileno (EHMCR), dietilamino hidroxibenzoilhexil benzoato (DHHB), entre outros fotoestabilizadores (CHAUDHURI et al., 2017; BENEVENUTO et al., 2015).

Além disso, a fotoinstabilidade é uma reação comum dos filtros solares químicos, tais como a avobenzona, que mesmo sendo conhecida como um filtro fotoinstável, é amplamente utilizada, devido aos seus benefícios frente o UVA, sendo frequentemente combinada com fotoestabilizadores, tais como octocrileno ou bemotrizinol (BENEVENUTO et al., 2015), que garantem sua performance de alta eficiência.

Dessa forma, a fotoinstabilidade do óleo de buriti não representa o comprometimento da formulação, mas uma característica que deve ser estudada e planejada durante o delineamento de formulações fotoprotetoras contendo o óleo de buriti.

Considerando as peculiaridades dos cosméticos naturais, estudos têm sido desenvolvidos como alternativa sustentável ao uso dos fotoestabilizadores convencionais. Piccinino et al. (2022) avaliaram o uso de nanopartículas de lignina como carreadores sustentáveis e fotoestabilizadores de dois filtros químicos UV: avobenzona e octil metoxicinamato.

Os resultados desse estudo demonstraram que, após o encapsulamento, ambos os filtros prolongaram significativamente a estabilidade contra a irradiação UV. As propriedades estabilizadoras das nanopartículas de lignina foram ainda aprimoradas pela coencapsulação da avobenzona e octil metoxicinamato com hidroxitirosol, um fenol natural com atividade antioxidante recuperado de resíduos de azeite de oliva (PICCININO et al., 2022).

Diante disso, os resultados encontrados no presente estudo são promissores uma vez que, apesar do óleo de buriti ter sido considerado fotoinstável, existem na literatura métodos

alternativos capazes de aumentar a estabilidade do óleo frente a exposição da luz, que vão de encontro com as tendências dos cosméticos naturais, direcionadas ao consumo consciente e estilo de vida saudável.

A formulação desenvolvida apresenta potencial aplicação clínica como produto coadjuvante na fotoproteção diária, especialmente em indivíduos com pele sensível ou que buscam alternativas ao uso de protetores solares sintéticos. Do ponto de vista comercial, trata-se de uma proposta alinhada às tendências do mercado cosmético natural, que valoriza ingredientes de origem vegetal, sustentabilidade e menor impacto ambiental. A substituição de filtros químicos por componentes físicos e naturais, como o dióxido de titânio e o óleo de buriti, representa um diferencial competitivo, sobretudo considerando os efeitos nocivos dos filtros sintéticos à saúde humana e ao meio ambiente.

## CONCLUSÃO

A formulação se apresentou estável quanto as propriedades organolépticas e físico-químicas. Apesar do óleo de buriti ter sido considerado fotoinstável frente às condições do estudo, existem métodos capazes de aumentar a estabilidade do óleo frente a radiação solar. Nesse sentido, torna-se necessária a realização de pesquisas futuras a fim de garantir a fotoestabilidade e eficácia da formulação desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

AMANKWAH, B. K. et al. Organic UV filters: Occurrence, risks and (anti-)progestogenic activities in samples from the Czech aquatic environment and their bioaccumulation in fish. **Journal of Hazardous Materials**, v. 471, jun. 2024.

BENEVENUTO, C. G.; GUERRA, L. O.; GASPAR, L. R. Combination of retinyl palmitate and UV-filters: Phototoxic risk assessment based on photostability and in vitro and in vivo phototoxicity assays. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 68, p. 127–136, fev. 2015.

BONDA, C. et al. Singlet Quenching Proves Faster is Better for Photostability. **Cosmetics and Toiletries**, v. 125, n. 2, p. 40–48, 2010.

BONDA, C.; O'LENICK, T. Sunscreen vs. Photostabilizer. **Cosmetics and Toiletries**, 30 out. 2008.

BRASIL. ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos**. Série: Qualidade. v. 1, 1 ed., Brasília: ANVISA, 2004.

BRASIL. ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 629, de 10 de março de 2022**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-629-de-10-de-marco-de-2022-386099957>. Acesso em: 05 mai. 2024.

CADET, J.; DOUKI, T. Formation of UV-induced DNA damage contributing to skin cancer development. *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 17, n. 12, p. 1816–1841, 27 dez. 2018.

CAETANO, J. P. S. *et al.* SPF and UVA-PF sunscreen evaluation: are there good correlations among results obtained in vivo, in vitro and in a theoretical Sunscreen Simulator? A real-life exercise. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 38, n. 6, p. 576–580, 3 dez. 2016.

CHAUDHURI, R. K. *et al.* 3-(3,4,5-Trimethoxybenzylidene)-2,4-pentanedione: Design of a novel photostabilizer with in vivo SPF boosting properties and its use in developing broad-spectrum sunscreen formulations. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 39, n. 1, p. 25–35, 29 fev. 2017.

CUNHA, M. A. E. *et al.* Supercritical adsorption of buriti oil (*Mauritia flexuosa* Mart.) in  $\gamma$ -alumina: A methodology for the enriching of anti-oxidants. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 66, p. 181–191, jun. 2012.

DARNET, S. H. *et al.* Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 31, n. 2, p. 488–491, jun. 2011.

DE FARIAS, D. B. Desenvolvimento de uma formulação vegana fotoprotetora com ativos amazônicos. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia. Manaus: 2022.

DE VAUGELADE, S. *et al.* UV-vis degradation of  $\alpha$ -tocopherol in a model system and in a cosmetic emulsion—Structural elucidation of photoproducts and toxicological consequences. *Journal of Chromatography A*, v. 1517, p. 126–133, set. 2017.

DIFFEY, B.L. A method for broad spectrum classification of sunscreens. *Int J Cosmet Sci*, v. 16, p.47-52, 1994.

DROMGOOLE, S. H.; MAIBACH, H. I. Sunscreening agent intolerance: Contact and photocontact sensitization and contact urticaria. *Journal of the American Academy of Dermatology*, v. 22, n. 6, p. 1068–1078, jun. 1990.

DU PLESSIS, J. L.; STEFANIAK, A. B.; WILHELM, K.-P. Measurement of Skin Surface pH. Em: *Current Problems in Dermatology*. v.54, p. 19–25, 2018.

FERREIRA, M. C. R. et al. Supercritical extraction of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) as an innovative approach to obtain natural food ingredients from the Amazon: a review. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. 1–16, 26 set. 2024.

GALAFFU, N.; BORTLIK, K.; MICHEL, M. An industry perspective on natural food colour stability. **Colour Additives for Foods and Beverages**. Elsevier, 2015. p. 91–130.

GASPAR, L.; CAMPOS, P. Photostability and efficacy studies of topical formulations containing UV-filters combination and vitamins A, C and E. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 343, n. 1–2, p. 181–189, 1 out. 2007.

GOMES, M. Desenvolvimento de tecnologia para fotoproteção da pele baseada em ativos de origem mineral e vegetal. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Farmácia. Florianópolis: 2020.

HERZOG, Bernd *et al.* The Sunscreen Simulator: A formulator's tool to predict SPF and UVA parameters. **SÖFW Journal**, v. 129, n. 7, p. 25–36, 2003.

HIRST, N. G. et al. Lifetime Cost-Effectiveness of Skin Cancer Prevention through Promotion of Daily Sunscreen Use. **Value in Health**, v. 15, n. 2, p. 261–268, mar. 2012.

KRAMER-STICKLAND, K.; KROL, E. S.; LIEBLER, D. C. UV-B-Induced Photooxidation of Vitamin E in Mouse Skin. **Chemical Research in Toxicology**, v. 12, n. 2, p. 187–191, 1 fev. 1999.

KROL, E. S.; ESCALANTE, D. D. J.; LIEBLER, D. C. Mechanisms of dimer and trimer formation from ultraviolet-irradiated  $\alpha$ -tocopherol. **Lipids**, v. 36, n. 1, p. 49–55, jan. 2001.

LANDERS, M.; LAW, S.; STORRS, F. J. Contact Urticaria, Allergic Contact Dermatitis, and Photoallergic Contact Dermatitis from Oxybenzone. **Dermatitis (formerly American Journal of Contact Dermatitis)**, v. 14, n. 01, p. 33–34, 2003.

LEONE, B. A. Determinação da seletividade no sinergismo entre filtros solares sintéticos e óleo de café verde. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas. Araraquara: 2018.

LIMA, A. L. DOS S. et al. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides, ácido ascórbico e açúcares do futo buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 649–654, set. 2009.

LIONETTI, N.; RIGANO, L. The New Sunscreens among Formulation Strategy, Stability Issues, Changing Norms, Safety and Efficacy Evaluations. **Cosmetics**, v. 4, n. 2, p. 15, 16 mai. 2017.

MELQUIADES, F. L. et al. Determination of Inorganic Elements in Sunscreen by Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence. *Latin American Journal of Pharmacy*, v. 27, n. 5, p. 661–7, 2018.

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Confirmation of the identity of alpha-cryptoxanthin and incidence of minor provitamin A carotenoids in green leafy vegetables. *Food Science and Technology*, v. 21, n. 2, p. 216–222, ago. 2001.

MIGUEL, L. M. Uso sustentável da biodiversidade na Amazônia Brasileira: experiências atuais e perspectivas das bioindústrias de cosméticos e fitoterápicos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 19 dez. 2007.

NASH, J. F.; TANNER, P. R. Relevance of UV filter/sunscreen product photostability to human safety. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, v. 30, n. 2–3, p. 88–95, 19 abr. 2014.

PICCININO, D. et al. Lignin Nanoparticles as Sustainable Photoprotective Carriers for Sunscreen Filters. *ACS Omega*, v. 7, n. 42, p. 37070–37077, 25 out. 2022.

PRADO, R. et al. Photostability of commercial sunscreens upon sunlight exposure. *HU Revista*, v. 46, p. 1–9, 17 ago. 2020.

RAHMALIA, W. et al. Improvement of Bixin Carotenoid Stability through the Formation of M–bixin (M = Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, and Se<sup>4+</sup>) Complex Compounds Based on Photodegradation Kinetic Studies. *Indonesian Journal of Chemistry*, v. 24, n. 4, p. 1103, 1 ago. 2024.

SCARPIN, M. S. Fotoestabilidade e fototoxicidade de avobenzona e palmitato de retinila associados a diferentes fotoestabilizadores. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 25 jun. 2018.

SCHIEBER, A.; CARLE, R. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications. *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, n. 9, p. 416–422, set. 2005.

SCHNEIDER, S. L.; LIM, H. W. A review of inorganic filters zinc oxide and titanium dioxide. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, v. 35, n. 6, p. 442–446, 10 nov. 2019.

SELBACH, S. L. Desenvolvimento e avaliação do potencial antioxidante de uma nanoemulsão de uso tópico. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Farmacêutica. Porto Alegre: 2017.

SHAATH, N. A. Ultraviolet filters. *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 9, n. 4, p. 464–469, 1 abr. 2010.

VERDUIN, J. Photodegradation products and their analysis in food. *Food Science and Nutrition*, v. 6, n. 3, p. 1–16, 15 jun. 2020.