

Artigo

Fotoquimioproteção *in vitro* de micropartículas contendo extrato hidroalcoólico de *Morinda Citrifolia* Linn

Raysa Vanessa Silva de Araújo¹, Gustavo Luis Ferreira Barbosa², Denilson Leal Rocha¹, Maria Edhuarda Celerino Brayner Rangel¹, Rodrigo Molina Martins^{1,2,*}

¹ Centro de Ensino Superior e Desenvolvimento; raysaaraujovanessa@gmail.com

² Universidade Estadual da Paraíba; gustavolfb123@gmail.com

¹ Centro de Ensino Superior e Desenvolvimento; denilson@rocha@gmail.com

¹ Centro de Ensino Superior e Desenvolvimento; mariaeduardabrayner@gmail.com

^{1,2*}Correspondência: rodrigomolina2@hotmail.com

Resumo: A exposição à radiação ultravioleta é essencial para a manutenção da saúde humana. Entretanto, sua exposição exacerbada pode acarretar vários malefícios, inclusive o câncer de pele. Diante disso, o uso de protetores solares é extremamente importante na minimização desses efeitos nocivos. Contudo, os filtros solares sintéticos têm causado diversas reações indesejadas, tais como fotodermatites, prurido e reações alérgicas. Desta forma, a busca por fontes alternativas mais adequadas vem ganhando interesse. As fontes de origem vegetal como extratos e substâncias isoladas podem apresentar-se como uma escolha adequada, pois muitos compostos de origem vegetal são menos agressivos do que determinados ativos sintéticos. A *Morinda citrifolia* Linn (Noni) é uma espécie que pode ser promissora para essa finalidade, já que esta possui diversos constituintes fitoquímicos, como os polifenóis, dentre eles os flavonoides que promovem fotoproteção contra os raios UV. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o potencial fotoprotetor de uma formulação tópica contendo 20% de micropartículas obtidas a partir do extrato hidroalcoólico das folhas de *Morinda citrifolia* Linn, frente a radiação UVB. Para isso, foi usado *Artemia salina* L. como um novo modelo de avaliação fotoprotetora. A concentração letal (CL₅₀), referente ao ensaio de toxicidade em *Artemia salina* foi de 1094 µg/mL, considerado atóxico. No estudo de fototoxicidade as micropartículas de noni mostraram-se não fototóxicas e agiram com propriedades fotoquimiopreventivas. No ensaio *in vitro* utilizando o método espectrofotométrico para a determinação do fator de proteção solar (FPS), a formulação apresentou o valor de FPS=4,48±0,45. Nesse estudo a avaliação da capacidade fotoprotetora identificou uma proteção da viabilidade de 39±16,01% das *Artemias* sujeitas a uma dose letal de radiação UVB. Os resultados obtidos nesse estudo mostram que as micropartículas do extrato de *Morinda citrifolia* Linn são um produto promissor para o desenvolvimento de formulações tópicas com intuito de ação fotoquimiopreventiva na área cosmética.

Palavras-chave: radiação ultravioleta; fotoproteção; noni.

Editores: Carlos Henrique Salvino
and João Augusto Oshiro Junior

Recebido: 01/04/2025

Revisado: 30/07/2025

Aceito: 30/07/2025

Publicado: 05/09/2025

Copyright: © 2025 by the authors.
Submitted for possible open access
publication under the terms and
conditions of the Creative Commons
Attribution (CC BY) license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introdução

Os raios ultravioletas (UV) são radiações emitidas pelo sol que alcançam a superfície terrestre em forma de ondas eletromagnética, sendo invisível aos olhos humanos por apresentar espectros de comprimento de ondas entre 200 a 400 nanômetros (nm). Essa radiação é dividida em três tipos: UVA (315 a 400 nm), UVB (280 a 315 nm) e UVC (100 a 280 nm), sendo que a última não atinge à superfície terrestre devido seu curto comprimento de onda [1,2,3].

Os espectros que atingem o planeta Terra não possuem apenas efeitos deletérios, já que quando em quantidades adequadas desencadeiam diversos benefícios, dentre eles a produção de melanina, a regulação imunológica, a estimulação na síntese de vitamina D e a prevenção de algumas doenças. Porém, a exposição exacerbada pode acarretar danos como queimaduras solares, fotoenvelhecimento e até câncer [4]. Em relação aos raios UVB, ele é mais responsável por desenvolver queimaduras solares e causar o envelhecimento precoce das células, lesionando o DNA. Essa radiação gera maior dano a população quando comparada com a UVA, pois apresenta uma maior frequência e um menor comprimento de onda, assim, liberando mais energia na superfície terrestre. Com isso, é de suma importância os testes que verificam a capacidade das substâncias de absorver os raios UV no comprimento de onda UVB [5].

A principal estratégia para prevenir os efeitos nocivos da radiação UV é o uso de protetores solares, que são formulações fotoprotetoras contendo filtros solares, classificados em orgânicos ou inorgânicos, capazes de absorver, refletir ou dispersar a radiação UV [6,7].

Entretanto, diversos estudos têm apontado efeitos adversos relacionados ao uso de filtros solares sintéticos, incluindo alergias, dermatites de contato, absorção sistêmica, geração de radicais livres, danos ambientais e efeitos estéticos indesejáveis [7,8].

Para serem eficazes, os filtros solares devem apresentar alta absorção na faixa UV, dissipar a energia absorvida com mínimo impacto aos tecidos, evitar a formação de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), possuir alto coeficiente de extinção molar e ser fotoestáveis. Contudo, a degradação induzida pela radiação UV pode levar à fotossensibilização e reações cutâneas fototóxicas, evidenciando a necessidade de alternativas mais seguras [9].

Com isso, o interesse no uso de plantas como agente fotoprotetor vem ganhando visibilidade, já que muitas apresentam potencial eficácia na inibição dos efeitos danosos dos raios UV, e isso de forma sustentável e com menor custo, por serem de fonte natural, além de ser uma alternativa para diminuir o uso de ativos sintéticos nas formulações [10].

Assim, uma planta que pode ser promissora como agente fotoprotetor é a *Morinda citrifolia* Linn, da família Rubiaceae, conhecida popularmente como noni, visto que ela possui diversos constituintes fitoquímicos interessantes a saúde humana, dentre eles os flavonoides, que desempenham um papel fundamental na proteção contra os raios UV [11,12].

No entanto, existem alguns impasses relacionados à produção de filtros solares naturais, já que as substâncias ativas de origem vegetal também podem apresentar alguns inconvenientes, como baixa solubilidade, estabilidade e absorção *in vivo*. O uso de estratégias tecnológicas, como a produção de micropartículas por *spray drying*, pode melhorar esses aspectos indesejáveis, favorecendo maior adesão à superfície cutânea e aumentando a penetração e retenção nas camadas mais externas da pele (estrato córneo e epiderme), sem atravessar para a circulação sistêmica, além de otimizar a solubilidade dos ativos [13,14].

O *spray drying* é um método de produção de micropartículas facilmente transponível em escala industrial que promove a secagem e a produção dessas micropartículas de forma instantânea, promovendo um ganho em tempo e energia. Além da produção de micropartículas essa técnica é muito empregada na indústria alimentícia e farmacêutica na secagem de alimentos e insumos de origem vegetal [15,16].

Para analisar a viabilidade do uso de micropartículas contendo o noni como agente fotoquimioprotetor, pode-se utilizar uma nova técnica *in vitro*, já descrita por [13], os quais comprovaram que o método usando o microcrustáceo *Artemia salina* Leach podem

fornecer resultados da capacidade fotoquimioprotetora de compostos isolados ou micro e nanoestruturados.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito fotoquimioprotetor frente a radiação UVB de micropartículas do extrato hidroalcoólico das folhas da *Morinda citrifolia* Linn, usando ensaios *in vitro*.

2. Resultados e discussão

2.1. Caracterização do extrato hidroalcoólico

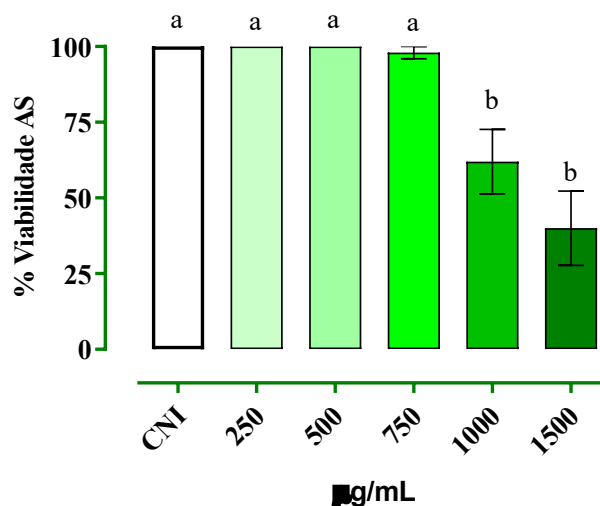
Inicialmente após o processo de extração hidroalcoólica o extrato foi submetido a um processo parcial de concentração por rotaevaporação. Desta forma, foi obtido o teor de sólidos totais do extrato com valor médio de 58,7 mg/mL. Posteriormente, preparou-se o extrato com dióxido de silício coloidal e a obtenção das micropartículas do extrato hidroalcoólico de *Morinda citrifolia* Linn foi obtido usando a técnica de nebulização a quente (*spray drying*). As micropartículas foram então caracterizadas quanto ao tamanho pelo método de tamisação onde estas apresentaram um tamanho < 180µm. Esse tamanho é condizente com valores já apresentados na literatura onde mostram que micropartículas ou materiais secos por *spray drying* apresentam valores entre 200 a 2 µm [17].

2.2. Avaliação da toxicidade das micropartículas frente a *Artemia salina* L.

A toxicidade é uma característica relacionada a uma substância indicando seu potencial para causar danos a organismos vivos, podendo estar associada à duração da exposição e à concentração da substância. Essa toxicidade pode ser aguda ou crônica, sendo a aguda resultados súbitos e ligeiros, normalmente causando letalidade e imobilidade. Diante disso, a finalidade dos testes de toxicidade aguda é verificar a concentração de uma substância que pode acarretar danos ao conjunto de indivíduos avaliados, sendo o uso de *Artemia* frequente, já que a espécie possui simplicidade no manuseio, baixo custo e com ela é possível verificar a Concentração Letal para 50% (CL₅₀) da população teste dos compostos bioativos em extratos de plantas.

Os resultados obtidos nesse estudo frente à *Artemia salina* L., mostram-se potencialmente seguros, uma vez que não apresentou valores de toxicidade até 1000 µg/mL sendo considerados atóxicos [18]. Na avaliação do presente estudo, a toxicidade das micropartículas de *Morinda citrifolia* Linn frente a *Artemia salina* resultou em uma viabilidade de aproximadamente 100% em quase todas as concentrações testadas, se mostrando atóxicas nas concentrações de 250, 500 e 750 µg/mL e nas concentrações de 1000 e 1500 µg/mL apresentaram baixa toxicidade (Figura 1). Segundo estudos realizados por [19] utilizando o óleo essencial de *Morinda citrifolia* Linn, foi possível observar que a concentração necessária para reduzir em 0% a viabilidade das Artemias foi de 1000 µg/mL e a viabilidade diminuída de acordo com o aumento da concentração da planta, aumentando a taxa de mortalidade do microcrustáceo. Além disso, a CL₅₀ do óleo essencial de *Morinda citrifolia* L. foi de 279,6 µg/mL podendo ser considerado um produto de alta toxicidade. Já outros estudos conduzidos com o extrato da família Rubiáceae, a qual a *Morinda citrifolia* L. pertence, demonstraram que outras plantas, também apresentaram resultados satisfatórios no teste de toxicidade com a *Artemia*. No caso das micropartículas contendo extrato de *Morinda citrifolia* Linn é considerado atóxica com CL₅₀ > 1000 µg/mL (1094 µg/mL).

Figura 1. Efeitos das micropartículas de *Morinda citrifolia* L. na avaliação da toxicidade frente à *Artemia salina* L. após 24 horas.



As barras representam as médias $\pm$ EPM (erro padrão da média) de cinco experimentos independentes ($n = 5$). A análise estatística foi realizada por ANOVA de uma via seguida do teste de comparações múltiplas de *Bonferroni*. Letras diferentes representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Onde: CNI-controle não irradiado. **Fonte:** Autoria própria (2025).

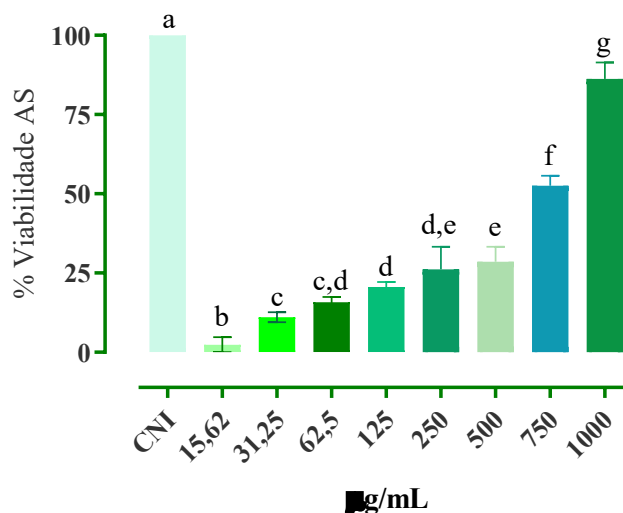
Ademais, segundo pesquisas realizadas por [12] o extrato do *Morinda citrifolia* L. não apresentou alteração em relação aos parâmetros bioquímicos, histopatológicos e hematológicos no estudo de toxicidade aguda. Além disso, estes autores confirmam que em estudos o extrato apresentou citotoxicidade apenas na maior concentração testada que foi de 25 mg/mL. Nos estudos realizados por [20] o extrato hidroalcoólico da *Morinda citrifolia* L. apresentou um resultado do cálculo da concentração inibitória igual a 0,01224 mg/mL, o que indica que ela possui atividade inibitória sobre a germinação de sementes de alface, também apontando uma possível atividade citotóxica. Em particular os resultados obtidos neste estudo tornam a possibilidade da aplicação dessas micropartículas em formulações tópicas promissor.

2.3. Avaliação da fototoxicidade das micropartículas de noni da *Artemia salina* frente à radiação UVB

Os microcrustáceos marinhos de *Artemias* são sensíveis a radiação UVB, o que tornou possível seu uso como modelo de fototoxicidade e fotoproteção na avaliação de formulações tópicas [13]. Além disso, esses microcrustáceos obedecem aos princípios dos 3Rs, já que são invertebrados, o que consiste na redução, refinamento e substituição de modelos animais em pesquisas científicas [21].

Neste estudo, a fototoxicidade foi avaliada em *Artemia salina* L. frente a doses letais de UVB, no qual foi colocado os náuplios em contato com as micropartículas e irradiado 1,0 J/cm² de UVB. Posteriormente, após 24 horas foi possível verificar que as amostras contendo os náuplios que entraram em contato com as micropartículas de *Morinda citrifolia* não apresentaram sinais de fototoxicidade, pelo contrário. Observou-se uma fotoquimioproteção aos microcrustáceos em todas as concentrações. Pode-se observar a partir da Figura 2 que a viabilidade dos microcrustáceos aumentaram à medida que a concentração das micropartículas se apresentou no meio. A maior concentração de 1000 µg/mL apresentou uma viabilidade de mais de 80 %, logo, os resultados demonstram que as micropartículas de *Morinda citrifolia* foram capazes de proteger os náuplios dos efeitos nocivos da radiação UVB, mostrando-se ausência de fototoxicidade.

Figura 2. Efeitos das micropartículas de *Morinda citrifolia* na avaliação da fotoproteção das *Artemias* frente a radiação UVB.



As barras representam as médias $\pm$ EPM de cinco experimentos independentes ($n = 5$). A análise estatística foi realizada por ANOVA de uma via seguida do teste de comparações múltiplas de Bonferroni. Letras diferentes representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Onde: CNI- controle não irradiado. Fonte: Próprio autor (2025).

Dentre as atividades terapêuticas já descritas do *Morinda citrifolia*, as que o tornam promissor como agente fotoprotetor é possivelmente seu poder antioxidante, anti-inflamatório, anti-infeccioso tópico, cicatrizante, antienvelhecimento e anticâncer, e entre os seus fitoquímicos que se destacam estão os flavonoides, que além de não apresentarem atividade citotóxica e nem fototóxicas nas doses usuais, possuem um bom potencial contra os efeitos da RUV, devido sua capacidade antioxidante, atuando no mecanismo de inibição e propagação de radicais livres, sendo um potente inibidor de EROs [10]. Assim, a ação antioxidante de *Morinda citrifolia* presentes nas micropartículas pode ter atuado diretamente nas espécies reativas de oxigênio formadas pela ação da radiação UVB anulando sua ação danosa e prevenindo a morte das *Artemias*, caracterizando uma ação fotoquimiopreventiva.

2.4. Avaliação da fotoproteção das micropartículas frente a *Artemia salina* L.

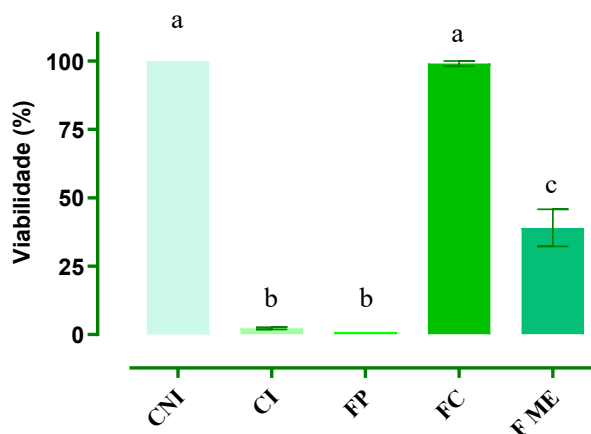
A utilização dessa nova técnica se mostrou eficaz devido os naúplios se mostrarem sensíveis a radiação UV, pois a sua exposição aos raios UVB afetou a fecundidade, inibiu o crescimento, induziu dano e reparo ao DNA, provocou prejuízos irreversíveis e conduziu a morte dessas larvas. Os benefícios de usar as *Artemias* nesses ensaios é que elas possuem um cultivo simples, alta reprodução e poucos requisitos (temperatura, pH, luz etc.), além de serem de baixo custo. Diante disso, essa nova metodologia se mostrou benéfica e inovadora para análise fotoprotetora e pode ser usada como mais uma ferramenta de ensaios preliminares para avaliação de extratos vegetais frente a radiação UVB [13].

Assim, [13] verificou a resposta desse microcrustáceo frente a radiação UVB e UVA, no qual foi determinado as doses letais para UVA ($DL_{50}=133,2\pm0,82 \text{ J/cm}^2$) e UVB ($DL_{50}=0,45\pm0,056 \text{ J/cm}^2$).

O resultado da avaliação fotoprotetora utilizando o método com *Artemia salina* L. frente a radiação UVB nesse estudo é apresentado na Figura 3, no qual a formulação contendo 20% de micropartículas apresentou boa viabilidade por volta de $39\pm16,01\%$,

quando comparado com o controle não irradiado e com a formulação comercial (FPS 60) que apresentaram 100% de viabilidade, além do controle irradiado e da formulação placebo que apresentaram 100% de mortalidade.

Figura 3. Efeitos das micropartículas de *Morinda citrifolia* N. na avaliação da fotoproteção das Artemias frente a radiação UVB.



Onde: CNI- controle não irradiado, CI- controle irradiado, FP- formulação placebo, FC- formulação comercial (FPS 60) e FM- formulação contendo 20% das micropartículas de *Morinda citrifolia* N. Onde: CNI- controle não irradiado. As barras representam as médias $\pm$ EPM de cinco experimentos independentes ($n = 5$). A análise estatística foi realizada por ANOVA de uma via seguida do teste de comparações múltiplas de *Bonferroni*. Letras diferentes representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Fonte: Próprio autor (2025).

A composição fitoquímica completa da *Morinda citrifolia* N. ainda não foi descrita, mas cientificamente já foram descritos cerca de 160 compostos químicos [12]. Dentre eles destacam-se os compostos fenólicos e alcaloides, como flavonas, flavonóis, catequinas, saponinas, taninos flavobênicos e xantonas, presentes nas folhas e no fruto, sendo eles os responsáveis pelas propriedades terapêuticas, possuindo papel importante na cura e prevenção de doenças. Além disso, estudos determinaram que a folha da *Morinda c.* demonstrou eficiente capacidade antioxidante [22]. Segundo [23] os compostos fenólicos são substâncias que possuem atividade antioxidante e capacidade de absorver os raios ultravioleta, e é provavelmente devido à alta quantidade de compostos fenólicos presentes no noni que ele possui uma boa atividade antioxidante e promoveu uma boa proteção as Artemias frente a radiação UVB.

2.5. Avaliação *in vitro* do Fator de Proteção Solar (FPS)

O estudo da atividade fotoprotetora *in vitro* da formulação contendo as micropartículas de *Morinda citrifolia* N. foi avaliado com auxílio de um espectrofotômetro, no intervalo de comprimento de onda UVB. As leituras de absorção obtidas durante o experimento foram utilizadas na aplicação da Equação 1, que foi adaptada por Mansur et al. (1986) para calcular o FPS. Esse método de determinação do FPS avalia a eficácia da substância em estudo com base em sua resposta em termos de largura, altura e absorção dentro do espectro UV do espectrofotômetro. Vale ressaltar que essa abordagem é reconhecida por sua eficácia e, ao mesmo tempo, por seu baixo custo, sendo uma alternativa viável para a medição do FPS [24].

A formulação contendo as micropartículas de *Morinda citrifolia* N. na concentração de 10% avaliado neste estudo apresentou FPS > 4, sendo de $4,48 \pm 0,45$, podendo ser utilizada apenas em associação com outras substâncias nas formulações para aumentar o FPS, visto que de acordo com [25], o fator mínimo de proteção solar de produtos e cosméticos destinados a proteção solar da pele é FPS ≥ 6 de acordo com a Tabela 3, logo,

as formulação contendo as micropartículas de noni na concentração de 10% não poderia ser utilizada sozinha, já que não alcançou o FPS exigido pela ANVISA.

3. Materiais e Métodos

3.1. *Preparo micropartículas contendo extratos vegetais por spray drying*

As micropartículas foram preparadas usando um mini secador de pulverização modelo LM MSD 0.5 (Labmaq do Brasil Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil) com a capacidade de secagem até 0,5 L/h. A câmara de secagem cilíndrica é feita de vidro borosilicato e tem um diâmetro interno de 13 cm e é 51cm de altura. A temperatura de saída é controlada por um digital Controlador PID independentemente das vazões de ar e líquido. A atomização foi realizada com um bico de pulverização pneumático com diâmetro do orifício de 1,2 mm, e o secador será operado em co-corrente fluxo. Os seguintes conjuntos de condições foram mantidos fixos para todos os experimentos: ar de atomização pressão de 5,0 kgf/cm², vazão de ar de secagem de 1,5 m³/min e bocal fluxo de ar de 40,0 L/min. As micropartículas serão recolhidas e armazenadas em dessecador a 25 °C e vácuo de 630 mmHg [16].

3.2. *Determinação do tamanho de partícula*

As distribuições dos tamanhos das micropartículas foram determinadas usando um padrão de tamises (Bertel Ltda) de aberturas de malhas de 150, 250 e 500 µm em vibrador de tamizes (Bertel) modelo 01/02 por 15 minutos, com reostato ajustado na intensidade 8.

3.3. *Toxicidade das micropartículas frente a Artemia salina L.*

Este ensaio foi executado de acordo com [13] com algumas modificações. Para realizá-lo foram utilizados tubos de ensaio, no qual foram colocadas 20 náuplios de Artemia em 5 mL de água salina em cada tubo para a avaliação de diferentes concentrações da amostra a ser estudada. As concentrações foram avaliadas em quintuplicata, sendo um grupo controle (CNI) e cinco amostras com as micropartículas nas concentrações de 250, 500, 750 e 1000 e 1500 µg/mL. Cada concentração foi deixada em contato com os náuplios por 24 horas e após esse período, foi realizada a contagem e determinada em porcentagem de náuplios vivos.

3.4. *Fototoxicidade das micropartículas, usando Artemia salina L. frente a radiação UVB*

Para realização do teste de fototoxicidade, inicialmente foram colocados 20 náuplios (Artemias em forma de larva) em recipiente adequado contendo água salina e concentrações iguais e abaixo de 1000 µg/mL. Em seguida, as amostras foram irradiadas com uma dose letal de UVB que é igual a 1,0 J/cm² obtidas de acordo com o Silva (2023), e após 24 horas foi realizada a contagem dos náuplios que estavam vivos e mortos. Além disso, foi utilizado um grupo controle que não recebeu a irradiação (CNI - Controle Não Irradiado) e um grupo que recebeu a irradiação letal (controle irradiado). Cada concentração foi feita em quintuplicata.

3.5. *Formulação tópica contendo as micropartículas*

Para que fosse possível a avaliação da fotoproteção fez-se necessário adicionar as micropartículas em uma formulação de gel a 2% de Natrosol® a 2%. Inicialmente o natrosol foi adicionado juntamente com a glicerina em água destilada e posteriormente foi adicionado uma quantidade de micropartículas que fosse equivalente a 10% de extrato.

3.6. *Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) in vitro*

Para realizar a determinação do FPS foi utilizado o método espectrofotométrico de amostras em solução adaptado por Mansur et al. (1986). Para isso, foram preparadas soluções a partir das formulações diluídas em álcool etílico, no qual foi pesado 0,2 mg do de cada formulação contendo as micropartículas do extrato, em seguida, elas diluídas em 10 mL de álcool etílico (70%) e depois filtradas. Após isso, essas soluções foram

submetidas à leitura de suas absorbâncias utilizando o espectrofotômetro UV (Shimadzu UV mini-1240), na faixa de 290 a 320 nm, realizando as leituras de 5 em 5 nm. Os valores obtidos da absorbância foram aplicados na Equação 1 para obtenção do valor de FPS da formulação. O método de Mansur et al. (1986) relaciona o efeito eritematígeno (EE) e a intensidade da radiação (I) que foram medidos por Sayre et al. (1979), demonstrado na Os testes foram feitos em triplicata.

Equação 1– Usada no método se Mansur. Fonte: Mansur et al. (1986).

$$FPS\ EXPERIMENTAL = FC * \sum_{290}^{320} EE(\lambda) * I(\lambda) * abs(\lambda)$$

No qual:

FC = fator de correção (= 10);

EE (λ) = efeito eritematígeno da radiação solar em cada comprimento de onda (λ);

I (λ) = intensidade da radiação solar em cada comprimento de onda (λ);

Abs (λ) = leitura da absorbância obtida da amostra em cada comprimento de onda (λ).

3.7. Avaliar a fotoproteção dessas formulações em placa de quartzo, usando a *Artemia salina* L. frente a radiação UVB

O estudo de fotoproteção usando o *Artemia salina* L. foi realizado de acordo com método descrito por [13], que se baseou em avaliar a atividade fotoprotetora das micropartículas através da viabilidade do microcrustáceo perante a radiação UVB. Para isso, os ovos de *Artemia* foram adicionados ao um recipiente contendo água salina para eclosão dos náuplios (estágio larval do microcrustáceo), durante o período de 48 horas. Logo após, foram coletados 20 náuplios para avaliação da formulação contendo as micropartículas, em quintuplicata. Esses náuplios foram colocados em um recipiente adequado com 5 mL de água salina.

Na parte superior foi colocado uma placa de quartzo sob os recipientes com os 20 náuplios, e em cima dela foi aplicada a formulação com as micropartículas na concentração de 2 mg/cm². Em seguida, foram submetidos a radiação de 1 J/cm² (dose letal que causa a morte de 100% dos náuplios) gerada através de uma lâmpada UVB (Philips TL 20W/12RS). Posteriormente, após 24 horas foi realizada a contagem dos náuplios de *Artemia salina* L. e determinada sua viabilidade. Foi usado 3 grupos distintos, um grupo controle não irradiado que não recebeu irradiação, um grupo controle irradiado, o qual recebe a irradiação letal e um grupo controle utilizando uma formulação comercial de protetor solar com FPS 60 para comparar com os grupos estudados no presente ensaio.

3.8. Análise estatística dos resultados

A análise estatística foi realizada através do programa de estatística GraphPad Prism® (versão 8.00). Os resultados foram expressos pela média±erro padrão, comparando os diferentes grupos pelo método de ANOVA sendo consideradas significantes para valor de p < 0,05.

4. Conclusões

Portanto, o presente estudo demonstrou que os resultados obtidos pelo método que utilizou a *Artemia salina* L. como modelo alternativo para avaliar a atividade fotoprotetora da formulação contendo as micropartículas do extrato hidroalcoólico das folhas de *Morinda citrifolia* L. foi bastante promissora, já que a formulação foi capaz de proteger mais que 35% dos microcrustáceos dos efeitos deletérios da radiação UVB, possibilitando assim uma possível aplicação em cosméticos para fins de proteção solar da pele.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Declaração do Conselho de Revisão Institucional: CAA No 63012122.0.0000.5187.

Declaração de Consentimento Informado: Não aplicável.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. LOPES L. G., SOUSA C. F., LIBERA L. S. D. Efeitos biológicos da radiação ultravioleta e seu papel na carcinogênese de pele: uma revisão. *REFACER* v. 6, n. 2, 2017.
2. ALVES P. V., QUERINO C. A. S., RIZZUTI B. F., VAZ M. A. B., QUERINO J. K. A. da S., PINHO J. A. do N. A importância do conceito da radiação solar na educação básica: a percepção de alunos do ensino médio sobre a temática. *Rev. Bras. Ensino Fís.* 43 • 2021.
3. RODRIGUES, Ana Filipa Lopes Bago. Comportamento ótico de diversos materiais após exposição a radiação UVC. Orientador: Dra. Sandra Maria de Braga Franco. Dissertação (Mestrado em Optometria Avançada) - Universidade do Minho Escola de Ciências, 2021.
4. COSTAS M. M., FARIAS A. P. A., OLIVEIRA C. A. B. A importância dos fotoprotetores na minimização de danos a pele causados pela radiação solar. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.11, p.101855-101867 nov. 2021.
5. COSTA, A. F. T. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE FOTOPROTETORA DO EXTRATO DA FOLHA DE *Spondias bahiensis*. Orientador: Dr. Rodrigo Molins Martins. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharel em farmácia). Centro Universitário UniFacisa, 2023.
6. BORGES, Nicole Martins. Avaliação da estabilidade físico-química de protetores solares oil free magistrais. Orientador: Dra. Tatiana Aparecida Pereira. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em farmácia) - Universidade de Uberaba, 2019.
7. RAKOSKI, Monica. Inquérito e avaliação da toxicidade dos filtros solares utilizados por moradores dos municípios de Ijuí e região: uma revisão de literatura. Orientador: Dra. Rafaela Ferreira Perobelli Dumoncel. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Biomedicina) - Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul - unijuí, 2022.
8. SAMPAIO, Jéssica Silva. Análise do potencial fotoprotetor dos extratos de *Humulus lupulus* e formulação de protetor solar de amplo espectro. Orientador: Dr. Orlando David Henrique dos Santos. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2022.
9. GONZÁLEZ, María Teresa Páez. Desenvolvimento de novos filtros solares derivados de benzofenona-3: estudo da fotoestabilidade, fototoxicidade e atividade antioxidante. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
10. MEDEIROS M. A. C. et al. Avaliação da atividade fotoprotetora do extrato aquoso de *Rhaphiodon echinus* (Nees & Mart.) Schauer. *Scientia Plena*, 2021.
11. COSTA A. B. et al. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do noni (*Morinda citrifolia* Linn). *Rev. Bras. Frutic*, 2013.
12. SERAFINI, Mairim Russo. *Morinda citrifolia* como agente fotoprotetor. Orientador: Dr. Adriano Antunes de Sousa Araújo. Tese de doutorado (Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Sergipe, 2013.
13. SILVA, Eullália Gonçalo das Neves et al. *Artemia salina* Leach in photoprotection: A new model to evaluate the potential of nanoparticles for topical application. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, v. 90, p. 105164, 2023.
14. SAMBORSKA, K., POOZESH, S., BARAŃSKA, A., SOBULSKA, M., JEDLIŃSKA, A., ARPAGAU, C., JAFARI, S. M. Innovations in spray drying process for food and pharma industries. *Journal of Food Engineering*, 321, 110960, 2022.
15. MARTINS, R. M.; Pereira, Simone Vieira; Siqueira, Silvia; Salomão, Wellington Fioravante; Freitas, Luis Alexandre Pedro; FREITAS, L. A. P. Curcuminoid content and antioxidant activity in spray dried microparticles containing turmeric extract. *Food Research International*, v.50, p.657 - 663, 2013.
16. BARBOSA, Gustavo Luis Ferreira et al. Polifenóis enriquecidos a partir de bagaço de maçã: micropartículas otimizadas por secagem por aspersão para formulação de protetor solar. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. 10, p. e6032-e6032, 2024.
17. NANDIYANTO, Asep Bayu Dani; OKUYAMA, Kikuo. Progress in developing spray-drying methods for the production of controlled morphology particles: From the nanometer to submicrometer size ranges. *Advanced powder technology*, v. 22, n. 1, p. 1-19, 2011.
18. HAMIDI, M. R.; JOVANOV, B.; PANOVSKA, T. K. Toxicological evaluation of the plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model. *Maced pharm bull*, v. 60, n. 1, p. 9-18, 2014.
19. LACERDA D. A., MEDEIROS V. M., GOMES R. A., MATIAS W. N. INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE CITOTÓXICA DO FRUTO DA *Morinda citrifolia* Linn (NONI). *Conacis*, 2014.

20. SILVA, Charles Thomaz; FRANCO, Tamires Daniele; JORDÃO, Christiane Oliveira. Análise fitoquímica e ensaio toxicológico do extrato hidroalcoólico de *Morinda citrifolia* (NONI). *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 19, n. 1, p. 34-39, 2016.
21. ARCK, P. C. When 3 Rs meet a forth R: Replacement, reduction and refinement of animals in research on reproduction. *Journal of Reproductive Immunology*, v. 132, p. 54-59, 2019.
22. RODRIGUES L. S., SILVA A. R. A., MACÊDO A. A. M. Noni (*Morinda citrifolia* linn.): determinação fitoquímica e potencial antioxidante pelo método dpph. *Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza*, v.11, n. 4, 2017.
23. SANTOS, D. O.; et al. Avaliação do efeito fotoprotetor UVA e UVB, ação antioxidante e da estabilidade do creme com extrato de *Spondias* sp (umbu-cajá). *Colloq Vitae*, 2022.
24. MANSUR, J. S.; BREDER, M. N. R.; MANSUR, M. C. A.; AZULAY, R. D. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. v.61, p.121-124, 1986.
25. BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução, RE nº 30, de 01 de junho de 2012. Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos e dá outras providências, 2012.

Isenção de responsabilidade/Nota do editor: As declarações, opiniões e dados contidos em todas as publicações são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es) e colaborador(es) individual(ais) e não da BIOFARM e/ou do(s) editor(es). A BIOFARM e/ou o(s) editor(es) isentam-se de responsabilidade por quaisquer danos a pessoas ou propriedades resultantes de quaisquer ideias, métodos, instruções ou produtos mencionados no conteúdo.