

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE PRAIA GRANDE  
ENSINO MÉDIO INTEGRADO EM QUÍMICA**

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS COSTA  
GIOVANNA VIZACCRO PEREZ DOMINGOS  
KAUÃ DE FARIAS CAMPOS LIMA  
LUIZ FELIPE DE MORAIS DA COSTA BARROS  
PENÉLOPE VALENTINE FANCHINI

**ANÁLISE DE OXIBENZONA E OCTINOXATO PRESENTES EM PROTETORES  
SOLARES E SEUS IMPACTOS NOS ECOSISTEMAS COSTEIROS: UMA  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

PRAIA GRANDE  
2024

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS COSTA  
GIOVANNA VIZACCRO PEREZ DOMINGOS  
KAUÃ DE FARIAS CAMPOS LIMA  
LUIZ FELIPE DE MORAIS DA COSTA BARROS  
PENÉLOPE VALENTINE FANCHINI

**ANÁLISE DE OXIBENZONA E OCTINOXATO PRESENTES EM PROTETORES  
SOLARES E SEUS IMPACTOS NOS ECOSISTEMAS COSTEIROS: UMA  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso do Técnico em Química da Escola Técnica de Praia Grande, como requisito para obtenção do título de Técnico em Química.

Orientadoras: Prof.<sup>a</sup> Irinete Ferreira e Prof.<sup>a</sup> Thais Leocadio

PRAIA GRANDE

2024

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre a presença e os impactos ambientais dos filtros solares químicos, que contém substâncias como oxibenzona e octinoxato. Com o aumento da demanda por fotoprotetores, crescem as preocupações sobre os efeitos desses compostos nos ecossistemas costeiros, especialmente em recifes de corais. O estudo explora como esses componentes estão relacionadas ao branqueamento dos corais e à redução de sua resiliência ambiental. Adicionalmente, são discutidos os potenciais riscos à saúde dos consumidores, com ênfase em possíveis efeitos dermatológicos associados ao uso prolongado desses filtros. Também são analisadas as consequências ecológicas decorrentes da degradação dos recifes para a sustentabilidade dos ambientes costeiros e a biodiversidade local. Para mitigar esses impactos, são revisadas políticas regulatórias e restrições internacionais ao uso desses filtros solares. Conclui-se que, a conscientização sobre os efeitos dos protetores solares químicos, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, além da implementação de alternativas menos nocivas, é essencial para a conservação dos ecossistemas marinhos.

**Palavras-chave:** Oxibenzona; Octinoxato; Protetor solar; Corais; Ecossistemas.

## **ABSTRACT**

This work presents a literature review on the presence and environmental impacts of chemical sunscreens, which contain substances such as oxybenzone and octinoxate. With the increase in demand for photoprotectors, concerns are growing about the effects of these compounds on coastal ecosystems, especially coral reefs. The study explores how these components are related to coral bleaching and the reduction of their environmental resilience. Additionally, potential health risks to consumers are discussed, with emphasis on possible dermatological effects associated with prolonged use of these filters. The ecological consequences resulting from reef degradation for the sustainability of coastal environments and local biodiversity are also analyzed. To mitigate these impacts, regulatory policies and international restrictions on the use of these sunscreens are reviewed. It is concluded that raising awareness about the effects of chemical sunscreens, both on human health and the environment, in addition to the implementation of less harmful alternatives, is essential for the conservation of marine ecosystems.

**Keywords:** Oxybenzone; Octinoxate; Sunscreen; Corals; Ecosystems.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estrutura molecular do ácido p-amino benzoico (PABA). .....	22
<b>Figura 2:</b> Deslocalização eletrônica na estrutura das benzofenonas. ....	25
<b>Figura 3:</b> Fórmula estrutural da Benzofenona 3. ....	26
<b>Figura 4:</b> Estrutura molecular do octilmetoxicinamato .....	27
<b>Figura 5:</b> Estrutura do p-metoxicinâmico. ....	28
<b>Figura 6:</b> Deslocalização eletrônica dos cinamatos. ....	28
<b>Figura 7:</b> Fotoisomerização do octinoxato.....	29

### IMAGENS

<b>Imagem 1:</b> Diferença entre radiação ionizante e não ionizante.....	14
<b>Imagem 2:</b> Como as radiações UVA, UVB e UVC atingem a pele humana. ....	16
<b>Imagem 3:</b> Correntes marítimas e clima. ....	37
<b>Imagem 4:</b> <i>Stylophora pistillata</i> planulae exposta a diversos tratamentos de benzofenona-3 (BP-3). A Controle de planula exposta por 8h à luz. B planula exposta a 22,8 partes por bilhão (lg/L) de BP-3 por 8h na luz. C planula exposta a 228 partes por bilhão (lg/L) de BP-3 por 8h na luz. D planula exposta a 2,28 partes por milhão (mg/L) de BP3 por 8h na luz. E planula exposta a 28,8 partes por milhão (mg/L) BP-3 por 8 horas à luz. A barra de escala é de 0,5 mm. ....	41

## LISTA DE TABELAS

### TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Concentração de oxibenzona em várias partes do mundo. ....	36
<b>Tabela 2:</b> Concentrações de BP-3 utilizadas no estudo. ....	40
<b>Tabela 3:</b> Danos causados a exposição de BP-3 e a luz, as planulae de coral.....	41
<b>Tabela 4:</b> Danos causados a exposição de BP-3 as planulae de coral.....	42
<b>Tabela 5:</b> Danos causados a exposição de BP-3 na segunda análise, e suas respectivas concentrações.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NOAA - Administração Nacional Oceânica e Atmosférica

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

FDA - Food and Drug Administration

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APACC – Area de Proteção Ambiental Costa Dos Corais

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

RDC - Resolução de Diretoria Colegiada

BP – Benzofenona

BP-1 - 2,4-dihidróxibenzofenona

BP-2 - 2,2,4,4-tetrahidróxibenzofenona

BP-3 – Benzofenona 3

BP-5 - 5-benzoil-4-hidróxi-2-metóxi-benzenossulfenona

BP-6 - 2,2-dihidróxi-4,4-Dimetóxi-benzofenona

BP-9 - 3,3-carbonil-bis[4-hidróxi-6-metóxi-benzenossulfonato] de sódio

OCM – Octilmetoxicinamato

E - Isómero trans

Z - Isómero cis

PABA - Ácido para-aminobenzóico

DMSO - Dimetilsulfóxido

ZnO - Óxido de zinco

TiO<sub>2</sub> - Dióxido de titânio

DNA - Ácido desoxirribonucleico

COVs - Compostos Orgânicos Voláteis

EROs - Espécies Reativas de Oxigênio

pH – Potencial hidrogeniônico

Kow - Coeficiente de partição octanol/água

pKa - Constante de dissociação ácida

FPS - Fator de Proteção

IR - Infravermelha

UV – Ultravioleta

$\lambda$  - Comprimento de onda

$\nu$  - Frequência

$s^{-1}$  - Segundo recíproco

Hz – Hertz

$\epsilon$  - Coeficiente de extinção molar

nm – nanometro

ng/L - nanograma por litro

mg/L - miligrama por litro

$\mu\text{g/L}$  - micrograma por litro

$\text{‰}$  - partes por mil

ppm – partes por milhão

ppb – partes por bilhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Objetivos específicos .....	12
<b>3 PROCESSO METODOLÓGICO</b> .....	<b>13</b>
3.1 Critérios de inclusão e exclusão .....	13
3.2 Abordagem de análise .....	13
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
4.1 Radiação .....	14
4.2 Radiação solar .....	15
4.3 Efeitos da poluição atmosférica na saúde da pele .....	17
4.4 Impacto da poluição na eficácia dos filtros solares .....	18
4.5 História dos filtros solares .....	19
4.6 Filtros solares .....	21
4.6.1 Filtros orgânicos .....	21
4.6.2 Filtros inorgânicos .....	23
4.7 Performance de fotoprotetores .....	24
4.7.1 Avaliação de eficácia .....	24
4.7.2 Fotoestabilidade .....	25
4.8 Oxibenzona .....	26
4.9 Octinoxato .....	28
4.10 Meio ambiente .....	31
4.11 Recifes de coral .....	31
4.12 Filtros solares e seus danos ao meio ambiente .....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
5.1 Contaminação da oxibenzona no meio ambiente .....	36
5.2 Danos aos corais por oxibenzona .....	38
5.3 Danos aos corais por octinoxato .....	46
5.4 Alternativa aos filtros solares químicos .....	47
5.5 Políticas regulatórias e restrições internacionais .....	48
5.6 A relação entre a legislação brasileira e os recifes de corais .....	49
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos tempos modernos, discutir pautas como a educação ambiental e o meio ambiente, vem se tornando cada vez mais complicadas considerando as diversas crises ambientais e a contínua deterioração da qualidade de vida no planeta. Falar sobre educação ambiental, vai muito além do que somos ensinados na escola, pois representa uma grande construção de valores voltados para a conservação, a conscientização e o envolvimento em ações, essenciais para a preservação da vida e sustentabilidade (Narchi, 2019). Para Art (1998), quando se fala de meio ambiente, a definição correta é a totalidade das condições externas que permitem a existência de certo organismo, comunidade ou objeto. O fato é que, proteger o meio no qual estamos inseridos, é dever de todo cidadão, não importa como seja definido.

As alterações causadas pelas ações humanas são diversas e ameaçam a própria qualidade de vida do homem, assim como a dos organismos marinhos. As fontes de poluição são inúmeras, como recebimento de água contaminada de rios, despejo incorreto de esgoto bruto, fenômenos como a maré escura - resultantes do derramamento de petróleo - e o crescente branqueamento dos recifes de corais, que apresentam constantes riscos de extinção, o que reforça a dificuldade de proteção e preservação destes organismos (Porto, 2000).

A necessidade do uso de filtros solares, também denominados fotoprotetores, é uma realidade crescente graças à conscientização dos riscos a exposição de raios ultravioletas, o que resulta no aumento da presença de substâncias químicas tóxicas no ambiente marinho (Sanchez *et al.*, 2013). As substâncias químicas presentes nestes produtos são responsáveis por provocar danos no DNA dos corais, pela morte de corais mais jovens e por causarem defeitos no desenvolvimento de alguns animais marinhos (Bbc, 2020).

Dentre as principais substâncias presentes nestes produtos, destacam-se a oxibenzona, também conhecida como BP-3, e o octilmetoxicinamato (OCM). Ambos são compostos comumente aplicados em cosméticos e artigos de higiene pessoal, particularmente destinados a proteção da pele contra os raios UV. A oxibenzona é utilizada como estabilizador contra esses raios, prevenindo danos causados pela exposição ao sol, enquanto o OCM absorve principalmente a radiação UVB, do qual ajuda a prevenir queimaduras solares. Embora esses compostos sejam eficazes na

proteção solar, eles têm despertado preocupações ambientais, principalmente devido ao seu efeito nos ecossistemas marinhos. A exposição constante a essas substâncias tem sido vinculada a impactos negativos na saúde dos corais, o que levou algumas áreas a limitar ou banir a utilização de produtos que contêm esses filtros solares, visando a proteção dos ecossistemas locais (Dinardo, 2018).

De acordo com Castro e Huber (2012), os corais são animais (reino *Animalia*) cnidários (filo *Cnidária*) pertencentes à classe *Anthozoa*, considerados hotspots e os organismos mais importantes na construção dos recifes. Dentre eles, destacam-se os denominados corais pétreos, os quais apresentam esqueleto de carbonato de cálcio e relação simbiótica com as zooxantelas, algas unicelulares fotossintéticas de suma importância para o crescimento e vida dos corais. Os recifes de coral são agentes protetores da ação erosiva do elevado hidrodinamismo costeiro, importantes indicadores de mudanças climáticas e proporcionam alimentos e sustento para milhares de comunidades ao redor do mundo (Castro e Zilberberg, 2016; Lima e Dias, 2016).

Tendo em vista essa problemática, a presente pesquisa visa analisar artigos entre 1996 e 2024, com o fito de observar os impactos causados por compostos químicos presentes em filtros solares em ecossistemas marinhos, bem como reforçar a importância de formulações sem o uso dessas substâncias, a fim de preservar estes organismos.

## **2 OBJETIVOS**

Analisar os compostos oxibenzona e octinoxato presentes nos protetores solares, e seus impactos nos ecossistemas costeiros que, devido a quantidade elevada destes lançados anualmente nos oceanos, impulsionam os impactos na devastação dos recifes de corais.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Relacionar a tendência crescente do branqueamento dos recifes de corais às substâncias presentes em fotoprotetores;
- Pesquisar e discutir os potenciais impactos decorrentes da ausência desses ecossistemas na manutenção dos ambientes costeiros.

### **3 PROCESSO METODOLÓGICO**

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de literatura, utilizando fontes científicas e dados governamentais para fundamentar a análise dos impactos da oxibenzona e do octinoxato em ecossistemas costeiros. A busca incluiu 39 artigos científicos e 5 relatórios de órgãos governamentais, como a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), além de dados disponíveis em bases como o Repositório Institucional da Fiocruz, ATTENA, Portal de Periódicos CAPES, SciELO, PubMed e ScienceDirect.

#### **3.1 Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos estudos disponíveis entre o período de 1996 a 2024 que relacionam a oxibenzona e o octinoxato ao branqueamento de recifes de corais e seus impactos nos ecossistemas costeiros, além de artigos que discutem os efeitos da ausência desses ecossistemas. Excluíram-se fontes que não abordam especificamente esses compostos químicos ou que se concentram em aspectos econômicos e turísticos, garantindo uma análise focada nos impactos ambientais.

#### **3.2 Abordagem de análise**

A análise dos dados coletados será qualitativa, focando na identificação de padrões e tendências nos estudos revisados. Serão examinados os métodos utilizados nas pesquisas para verificar a presença de oxibenzona e octinoxato em ambientes costeiros, além de avaliar os efeitos reportados sobre os recifes de corais. Essa abordagem permitirá uma compreensão mais profunda dos impactos ecológicos e das possíveis correlações entre a concentração dos compostos e os casos de branqueamento observados.

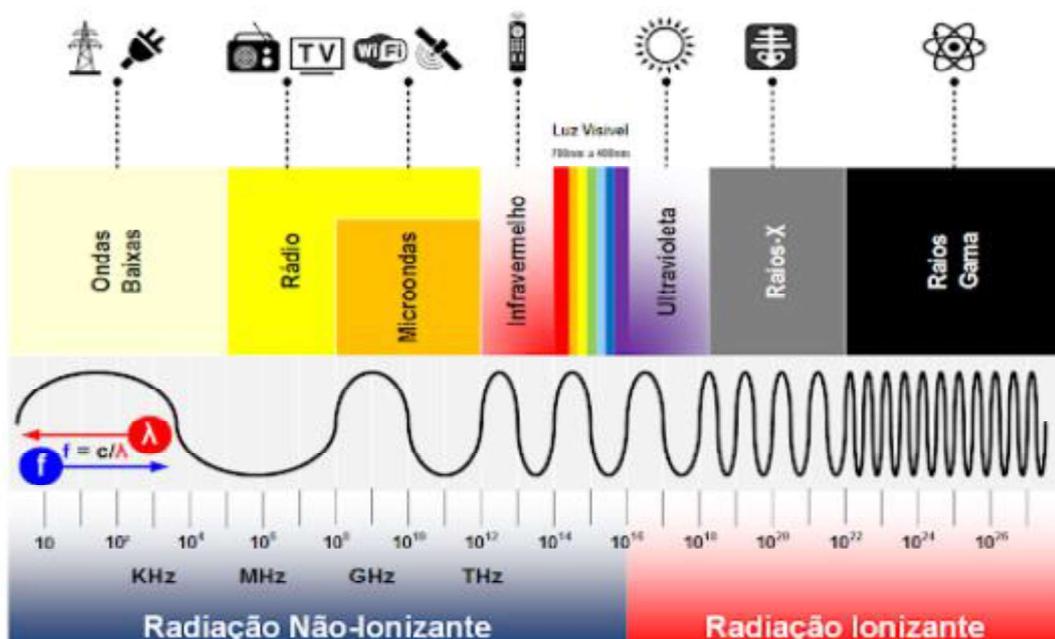
## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Radiação

De acordo com Da Silva *et al.* (2015), as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo, o que significa que não necessitam de um meio material para se deslocarem, diferentemente das ondas mecânicas, como as sonoras, que dependem de um meio, como o ar, para se propagarem. As ondas eletromagnéticas são caracterizadas por duas grandezas principais: o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a frequência ( $f$ ). O comprimento de onda é definido como a distância entre duas cristas sucessivas de uma onda, com a unidade de medida mais comum sendo o nanômetro, equivalente a  $10^{-9}$  metros. A frequência, por sua vez, refere-se ao número de ciclos que passam por um ponto específico por segundo, sendo medida em Hertz (Hz), que é equivalente ao segundo recíproco ( $s^{-1}$ ). Essas duas grandezas estão inter-relacionadas por meio de uma fórmula matemática ( $v = \lambda \cdot f$ ) que define a propagação das ondas no vácuo.

A radiação pode ser classificada em dois grandes grupos: radiação ionizante e radiação não ionizante (imagem 1). A radiação ionizante é aquela que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas, removendo elétrons e causando alterações químicas nas substâncias com as quais interage (Icrp, 2007).

Imagem 1: Diferença entre radiação ionizante e não ionizante.



Fonte: Ubntbr, 2018.

Entre os tipos de radiação ionizante, encontram-se a radiação alfa, que consiste em partículas carregadas positivamente e tem baixo poder de penetração, sendo capaz de ser bloqueada por uma folha de papel ou pela camada externa da pele; a radiação beta, composta por elétrons ou pósitrons, com maior penetração, que pode ser barrada por uma folha de alumínio; e a radiação gama, que é uma radiação eletromagnética de alta energia com grande capacidade de penetração, exigindo materiais densos, como chumbo, para proteção. A radiação X, gerada por processos eletrônicos, é semelhante à radiação gama e possui alta capacidade de penetração (Icrp, 2007).

Por outro lado, a radiação não ionizante não possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas, apenas excita os elétrons sem removê-los, e inclui radiações como a ultravioleta, que pode causar danos à pele e aos olhos em intensidades elevadas; a radiação visível, perceptível ao olho humano; a radiação infravermelha, percebida como calor e utilizada em diversos dispositivos como controles remotos; micro-ondas, usadas em comunicações e no aquecimento de alimentos; e ondas de rádio, empregadas em comunicações sem fio, como rádio e televisão (Icrp, 2007).

## **4.2 Radiação solar**

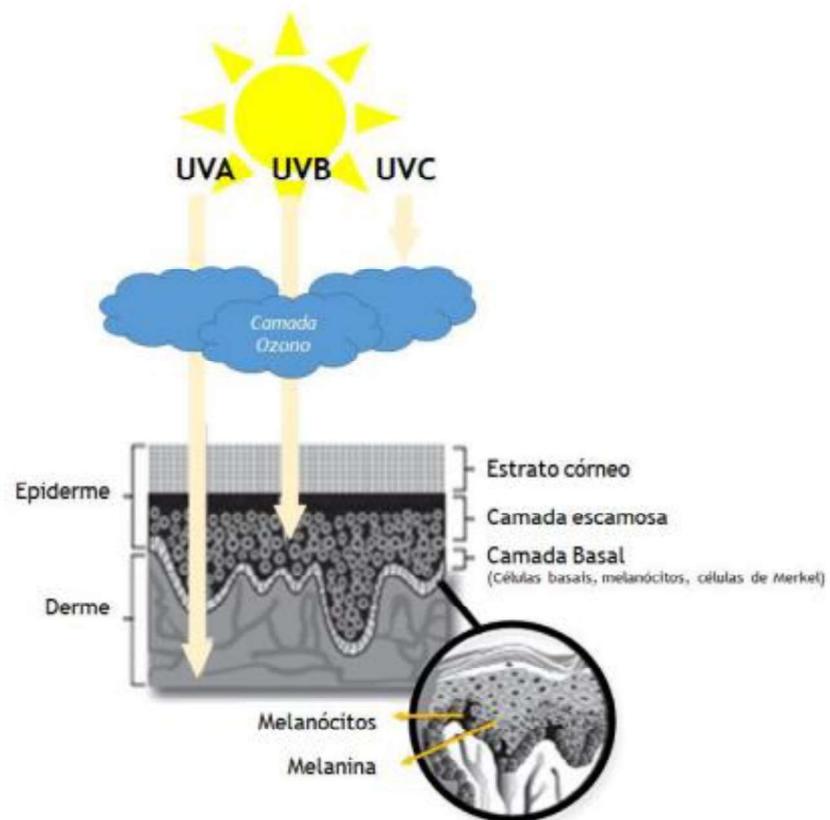
Conforme os estudos de Santos *et al.* (2018) e Steffen (2011), o Sol é a principal fonte de energia para todo o sistema solar, do qual possui natureza eletromagnética capaz de formar ondas de comprimento e frequência variáveis, podendo ser de espectro visível ou não, sendo as do tipo invisível mais prejudicial à saúde humana.

A radiação solar é uma forma de radiação eletromagnética emitida pelo Sol, que inclui radiações visíveis, ultravioleta (UV) e infravermelha (IR). A radiação UV é particularmente significativa quando se trata dos efeitos na saúde da pele humana. O espectro de radiação UV é dividido em três categorias principais: UVA, UVB e UVC, cada uma com diferentes energias e capacidades de penetração na pele (Steffen, 2011).

A radiação UVA (320-400 nm) é a menos energética e penetra mais profundamente na pele, alcançando a derme, conforme a figura 2. Ela é responsável pelo envelhecimento precoce da pele, contribuindo para o aparecimento de rugas e

manchas, devido à degradação do colágeno e da elastina (Santos *et al.*, 2018). Já a radiação UVB (280-320 nm), possui maior energia e afeta principalmente a epiderme, sendo a principal responsável pelas queimaduras solares e pelo aumento do risco de câncer de pele, devido aos danos causados ao DNA celular (Steffen, 2011). Por fim, a radiação UVC (100-280 nm) tem a maior energia entre os tipos de UV, mas é absorvida pela camada de ozônio e não atinge a superfície da Terra em quantidades significativas (Addor, 2022).

**Imagem 2:** Como as radiações UVA, UVB e UVC atingem a pele humana.



**Fonte:** Watson; Holman; Maguire-Eisen, 2016.

A exposição prolongada à radiação solar pode levar a diversos problemas de saúde, como queimaduras solares e diferentes tipos de câncer de pele, incluindo carcinoma basocelular, carcinoma espinocelular e melanoma. Esses riscos são particularmente altos quando a exposição ocorre sem proteção adequada, como o uso de filtros solares (Santos *et al.*, 2018). Os filtros solares são essenciais para proteger a pele dos danos causados pelos raios UV, reduzindo a incidência de câncer de pele e prevenindo o envelhecimento precoce (Addor, 2022).

### **4.3 Efeitos da poluição atmosférica na saúde da pele**

De acordo com Gomes *et al.* (2024), o aumento do aquecimento global provoca alterações na camada de ozônio, que desempenha um papel crucial na proteção da Terra contra a radiação ultravioleta (UV). Tais alterações causam maior exposição dos indivíduos à radiação UV, aumentando a vulnerabilidade ao desenvolvimento de melanoma e carcinomas de queratinócitos na população. Essa relação deve-se à capacidade da radiação UV de induzir modificações na estrutura química do tecido cutâneo, comprometendo a regeneração do ácido desoxirribonucleico (DNA) e, conseqüentemente, elevando o risco de doenças dermatológicas (Hayashide *et al.*, 2010; Belzer; Parker; 2023).

Porém, segundo Gomes *et al.* (2024), outro fator que se mostra relevante de ser citado devido ao cenário atual, é a poluição atmosférica, caracterizada como a mistura de várias partículas de contaminantes, resíduos de combustão automotiva e compostos orgânicos voláteis (Brans *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2013; Miao-zhu *et al.*, 2015; Fazzo *et al.*, 2016).

Para Leite e Pereira (2017), em ambientes internos, os principais poluentes associados aos problemas de saúde em humanos incluem aqueles oriundos da fumaça de cigarro e os presentes em produtos de limpeza, tintas e solventes, como compostos orgânicos voláteis (COVs), incluindo benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, entre outros.

Ainda para os autores, também destacam que partículas potencialmente prejudiciais podem penetrar a pele através dos folículos pilosos. Dado que os folículos pilosos do couro cabeludo e do rosto, que estão continuamente expostos ao ambiente, representam cerca de 10% da área total da pele, a via transfolicular para a entrada de poluentes é claramente significativa.

### **4.4 Impacto da poluição na eficácia dos filtros solares**

Da Silva *et al.* (2015), mostra que as preocupações dos cientistas sobre a grande quantidade de fenômenos da natureza provocados pela ação humana, fazem parte das preocupações da sociedade como um todo. Como consequência do enfraquecimento da camada de ozônio, que acarretou uma menor proteção da pele

contra raios solares, gerando a necessidade do uso mais frequente de protetores solares de melhor qualidade.

De acordo com Gomes *et al.* (2024), devido a degradação da camada de ozônio, uma maior quantidade de raios UVB atingem a superfície da terra, e essa maior quantidade de raios UVB adicionada de um crescente período de exposição contribui para taxas mais elevadas de queimaduras solares, fotoenvelhecimento e aumento da pigmentação da pele, principalmente quando não há o uso de protetores solares de maior eficácia (Grover; Rajeshwari, 2009; Llamas-Velasco; Garcia-Díez, 2010; Baldermann; Lorenz, 2019).

Ainda de acordo com Gomes *et al.* (2024), a poluição pode aumentar os efeitos nocivos da radiação UV sobre a saúde da derme e compromete a qualidade do ar impactando na saúde como um todo e, conseqüentemente, a vulnerabilidade da pele aos danos causados pela radiação UV (Diffey, 2004; Grover, Rajeshwari, 2009; Parker; Mo; Goodman, 2022).

#### **4.5 História dos filtros solares**

Segundo Linardi (2009), a história do uso dos protetores solares é oriunda das civilizações antigas, como as romanas e egípcias que, culturalmente, cultuavam o Sol como divindade. Além de estar inserido na cultura, havia recomendação médica para a exposição solar, que auxiliava como prática terapêutica. Todavia, essa exposição era regulada, pois se acreditava que altas demandas de exposição eram prejudiciais.

Os registros mais antigos localizados sobre a utilização de filtros solares, são originários do Egito, datando cerca de 7800 a.C, produzidos especificadamente com mamona. Juntamente, relata-se a utilização de um kit de cuidados para pele, provenientes do extrato de plantas que atuavam como bloqueadores dos raios solares (Linardi, 2009).

Em 1928, nos Estados Unidos, ocorreu o primeiro registro oficial da criação de um foto-inibidor formado por uma emulsão de salicilato e cinamato de benzila. Anos depois, começaram a surgir as loções protetoras contendo compostos como ácido oléico, quinino e bissulfato de quinino, e é com a comercialização pela L'Oreal®, em 1936, que surge o primeiro filtro solar (Susana, 2008).

Entretanto, o primeiro filtro solar realmente eficaz foi desenvolvido em 1944 por Benjamin Greene, farmacêutico norte-americano que após observar queimaduras de

pele nos soldados que voltavam da Segunda Guerra Mundial, decidiu formular um produto capaz de melhorar o problema. Greene criou uma substância vermelha e viscosa, que continha petrolato veterinário vermelho (produto derivado de petróleo), agindo como bloqueador físico dos raios solares (Susana, 2008).

Em contrapartida, em 1938, o estudante químico Franz Greiter, haveria também desenvolvido um filtro solar que, todavia, dois anos após sua aprimoração, foi substituído pelo PABA (ácido para-aminobenzóico), que passou a ser prescrito pelos dermatologistas sendo patenteado ainda na década de 40, na forma de creme em solução aquosa ou álcool (Susana, 2008).

Ademais, nas décadas seguintes, a população passou a apresentar reações alérgicas aos produtos contendo PABA, e a substância foi retirada das composições químicas (Susana, 2008).

Para Lopes (2008), só após dez anos da produção do protetor de Greene, que surgiram em escala industrial os primeiros bloqueadores físicos, produzidos a base de óxido de zinco que protegiam contra 90% da radiação solar. Em contraponto, o produto tinha difícil ação em espalhar-se e aderir-se no corpo humano, deixando uma sensação pegajosa e desconfortável na pele.

Na década de 50, surgiram os protetores químicos aprimorados, que não deixavam sensação de pele melada ou oleosa, tendo ainda, facilidade para espalhar e aderir a pele. Hoje em dia, ainda se utiliza os protetores químicos para proteção e prevenção de doença (Lopes, 2008).

Para Susana (2008), por volta de 1970, a agência americana Food and Drug Administration (FDA) afirmou que o uso dos protetores detinha proteção considerável contra o câncer de pele, além de inibir o envelhecimento e as queimaduras solares, resultando no início das pesquisas sobre fator de proteção (FPS) e os efeitos da radiação UVB sobre a derme. Dez anos depois, em 1980, a empresa Coppertone® lançou o primeiro protetor solar com proteção UVA/UVB.

Segundo Temperini (2007), a primeira marca de protetor solar trazida ao Brasil ocorreu em 1984, pela empresa Johnson&Johnson®. A marca Sundown® possuía protetores com fatores de proteção FPS, e foi pioneira pelo conceito FPS no mercado brasileiro.

Os dados acerca da venda de protetores solares aumentaram conforme o passar dos anos. Em 1992, estima-se que o mercado brasileiro tenha vendido mais de 640 toneladas de filtros solares, referenciais que continuam em crescente aumento,

principalmente devido as manifestações de órgãos de saúde, acerca da alta dos diagnósticos de câncer de pele e outros malefícios que a exposição prolongada ao sol, acarreta (Flor, Davolos e Correa, 2007).

Ademais, de acordo com Lopes (2008), a população nunca temeu os perigos envolvendo a exposição à radiação solar, muitas vezes devido a ação benéfica da síntese de vitaminas D pelo Sol. Todavia, o desenvolvimento de inúmeros filtros de proteção contra os raios UV, só foram possíveis devido aos estudos dermatológicos contínuos de profissionais, e o aperfeiçoamento do estudo acerca da pele humana, que trouxe um viés amplo tanto das consequências, quanto dos benefícios envolvendo a exposição a curto e longo prazo, dos raios solares.

## **4.6 Filtros solares**

Segundo Serpone (2007), os filtros solares são classificados comercialmente em filtros de efeito químico (orgânicos) e de efeito físico (inorgânicos). Geralmente, os compostos orgânicos protegem a pele pela absorção da radiação, e os inorgânicos, pela reflexão da radiação. Existem no mercado, atualmente, filtros orgânicos que além de absorver, refletem a radiação UV.

É importante destacar que os fenômenos reflexão e espalhamento dependem do tamanho de partículas do filtro inorgânico, entre outros fatores e não exclusivamente do fato de ser composto orgânico ou inorgânico (Flor *et al.*, 2006).

### **4.6.1 Filtros orgânicos**

Para Flor *et al* (2006), os filtros orgânicos são formados por moléculas orgânicas capazes de absorver a radiação UV e transformá-la em raios com energias reduzidas e menos agressivas ao ser humano. Em síntese, essas moléculas são compostas por anéis aromáticos que possuem grupos carboxílicos, que apresentam um grupo doador de elétrons, como uma amina ou um grupo metoxila, localizado nas posições orto ou para do anel aromático (Flor *et al.*, 2006).

Essa classe de compostos aromáticos conjugados atua por meio da excitação eletrônica, convertendo a energia luminosa em energia térmica. Quando expostos à radiação UV, os elétrons desses compostos são energizados, atingindo um estado transitório de excitação. Esse estado é instável, resultando na conversão do excesso

de energia fornecida pela radiação UV em radiação térmica. Por essa razão, os usuários podem experimentar uma sensação subjetiva de calor após a aplicação de protetores solares orgânicos e a subsequente exposição ao sol (Palm e O'Donoghue, 2007).

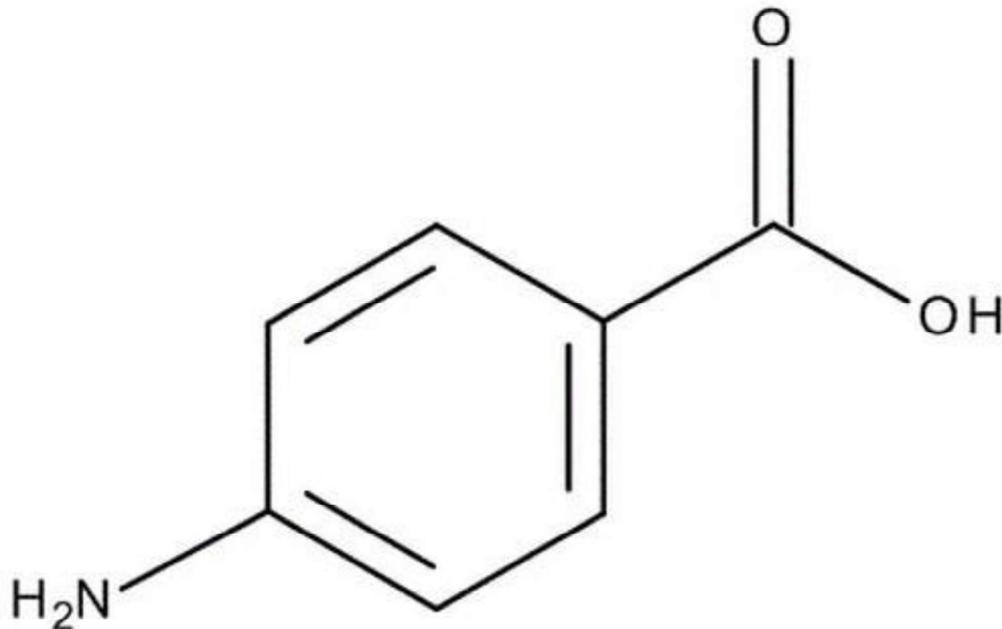
Ainda para Flor *et al.* (2006), na categoria desses filtros com máxima absorção na região UVA, tem-se destaque para as benzofenonas, uma classe de cetonas aromáticas responsável por fornecer uma cobertura de amplo espectro, além de possuir boa compatibilidade com produtos de uso cosmético e pessoal. Esses compostos não são apenas comuns em protetores solares, mas sim em uma classe de filtros UV, utilizados na produção de tecidos como revestimentos e finalizadores fotoprotetores (Flor *et al.*, 2006).

Entende-se que a oxibenzona (benzofenona-3; BP-3), foi uma molécula altamente valorizada até o início da década de 1990, devido à sua capacidade de proteção UVA, o que a levou a substituir o PABA em diversos protetores solares (Flor *et al.*, 2006).

O PABA (figura 1), primeiro filtro UV amplamente utilizado, tornou-se proeminente em meados do século XX. No entanto, o PABA só foi viável para uso a partir do início da década de 1920, em função de suas propriedades notáveis, especialmente sua alta substantividade. Sua composição química consiste em álcoois alifáticos de cadeia longa, o que o torna praticamente insolúvel (Palm e O'Donoghue, 2007).

O PABA se acumula nas células da pele, aderindo às proteínas dos queratinócitos por meio de ligações de hidrogênio. Dessa forma, proporciona resistência tanto a atividades aquáticas quanto ao desgaste por fricção, como o uso de toalhas ou a prática de exercícios físicos. Essas características fizeram do PABA um agente de proteção solar altamente popular (Palm e O'Donoghue, 2007).

**Figura 1:** Estrutura molecular do ácido p-amino benzoico (PABA).



**Fonte:** Silva; Machado; Rocha, 2015.

Entretanto, a popularidade do PABA diminuiu na década de 1980, quando mais de 4% da população começou a manifestar reações fotoalérgicas à substância. Além disso, profissionais da área de saúde começaram a levantar preocupações sobre os possíveis agentes carcinogênicos associados aos subprodutos do PABA (Palm e O'Donoghue, 2007).

#### 4.6.2 Filtros inorgânicos

Segundo Flor *et al.* (2006), os filtros inorgânicos são considerados uma das opções mais seguras e eficazes para a proteção da pele, uma vez que possui baixo potencial de irritação. Os processos de proteção solar destes filtros envolvem tanto a absorção quanto o espalhamento da radiação, apresentando inespecificidade quanto às radiações UVA e UVB, atuando como uma barreira física. Representados pelo óxido de zinco (ZnO) e dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), desde 1990, esses filtros são recomendados para fotoprotetores infantis e para pessoas com pele sensível.

Os mecanismos de absorção e de desativação envolvem transições entre bandas de valência e de condução do sólido. Neles, os processos de proteção

envolvidos são diferentes das moléculas orgânicas, já que os filtros inorgânicos são constituídos de partículas, de preferência com tamanhos da ordem da radiação que se quer espalhar. Por tratar-se de partículas, os filtros inorgânicos com tamanhos adequados de partículas além de absorção, apresentam espalhamento da luz UV (Flor *et al.*, 2006).

De acordo com Serpone (2007), há uma inovação na tecnologia destes filtros, pois desenvolveu-se versões microparticuladas dos óxidos presentes em sua formulação, que são fundamentais tanto na eficácia da proteção UV quanto na aparência cosmética do produto. Tradicionalmente, esses filtros tendem a deixar uma película branca na pele, o que é considerado indesejável. Contudo, as versões microparticuladas, nomeadas também como “pigmentos microfinos”, contém partículas reduzidas para tamanhos entre 70 e 200 nm. Para maximizar o espalhamento da luz UV e evitar a formação de películas brancas, as partículas devem ser menores que 400 nm, garantindo que não haja interferência na faixa da radiação visível, eliminando, assim, a formação de uma película branca perceptível na pele.

#### **4.7 Performance de fotoprotetores**

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2024), para o desenvolvimento de fotoprotetores, é necessário que testes sejam realizados, a fim de avaliar diversas características do produto relacionadas à eficácia e segurança, incluindo testes de fotoestabilidade, estabilidade, determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) e resistência à água, avaliação do comprimento de onda crítico e comprovação do tempo para reaplicação e proteção imediata.

##### **4.7.1 Avaliação de eficácia**

A eficácia dos filtros solares depende de sua incorporação em veículos apropriados. As propriedades hidrofílicas e lipofílicas, pH, estabilidade em temperaturas elevadas e propriedades emolientes do veículo, influenciam o fator de proteção solar (FPS) (Gaspar e Campos, 2006; Serpone, 2007).

Para um filtro solar ser eficaz na pele humana, ele deve absorver a radiação UV dissipando a energia absorvida com o mínimo impacto para os tecidos (epiderme e derme), impedindo a formação de EROs (espécies reativas de oxigênio), possuir um

alto coeficiente de extinção molar ( $\epsilon$ ) na faixa de absorção do UV e ser fotoestável (Gaspar e Campos, 2006).

#### 4.7.2 Fotoestabilidade

A fotoestabilidade é uma propriedade química das moléculas e quando utilizada como parâmetro farmacêutico, descreve como um fármaco responde à exposição à luz (solar ou artificial), envolvendo não somente as reações de fotodegradação, mas também outros processos, como formação de radicais livres, transferência de energia e reações de rearranjo molecular de cada substância. Está relacionada à sua capacidade de liberar a energia absorvida para o ambiente sem sofrer alterações estruturais, definindo a capacidade fotoprotetora após a absorção da radiação UV (Tønnesen, 2014).

Dessa forma, os testes de fotoestabilidade permitem indicar se tal exposição representa riscos de alteração ou mudanças inaceitáveis e determinar padrões de degradação e validação do método analítico, estabelecendo o quão adequados são os procedimentos de análise propostos para o fármaco (Kockler *et al.*, 2012).

Para a realização de um estudo de fotoestabilidade favorável, deve-se levar em consideração que o fármaco precisa ser caracterizado antes do início da etapa de formulação, uma vez que é submetido a condições de estresse frente à luz, o que permite obter informações sobre sua fotorreatividade. A partir disso, serão obtidas informações necessárias para se fornecer a fotoproteção adequada, sendo possível garantir a estabilidade, segurança e a eficácia do produto final (Tønnesen, 2014).

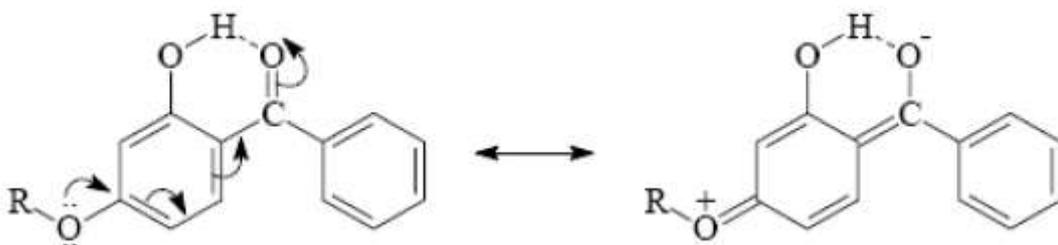
Um produto farmacêutico que contenha um fármaco fotossensível pode ter sua estabilidade comprometida quando exposto à luz. Nesse caso, um teste de fotoestabilidade de produto acabado deve ser executado para verificação da capacidade de fotoproteção conferida pela estratégia adotada pelo formulador. É importante destacar que cada fármaco apresenta um comportamento peculiar frente à luz. Existem casos nos quais uma formulação que contém um fármaco fotossensível, mesmo quando exposto à luz, não apresenta perda considerável do conteúdo do princípio ativo. Em outros casos, a exposição à luz pode representar um grande problema para a sua estabilidade (Granizo, 2012).

## 4.8 Oxibenzona

A benzofenona (BP) é um dos fotoprotetores químicos mais usados em formulações de produtos de cuidados pessoais por oferecer boa proteção contra os raios UVB e UVA (Destefani, 2019). Este composto é caracterizado pela presença de dois anéis aromáticos ligados entre si por uma carbonila, portanto, pertence ao grupo de cetonas aromáticas (Kim, 2014; Lopes; Cruz; Batista; 2012).

As benzofenonas sofrem ressonância (figura 2) com mais facilidade, requerendo menor energia quântica para a transição eletrônica e isso resulta em dois comprimentos de onda máximos de absorção, 286 nm (UVB) e 324 nm (UVA). Ademais, essa ressonância se dá pela presença de um grupo doador de elétrons nas posições *orto* e/ou *para* da molécula. O grupamento carbonila atua como grupamento aceptor de elétrons (Shaath, 2010; Ribeiro, 2004).

**Figura 2:** Deslocalização eletrônica na estrutura das benzofenonas.



**Fonte:** Lopes; Cruz; Batista, 2012.

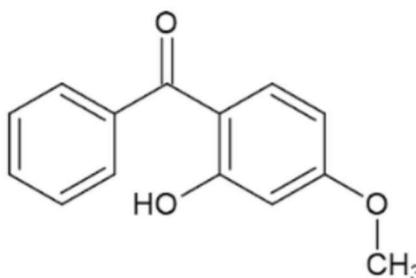
Conforme os estudos de Kim (2014) e Do Nascimento, Dos Santos e De Aguiar (2012), as principais propriedades físico-químicas deste composto são: caráter hidrofóbico, bioacumulativo e boa fotoestabilidade.

Apesar de fornecer uma boa absorção contra os raios ultravioletas, seu uso foi proibido por gerar irritação dérmica e ocular. Em função disso, foram adicionados grupos cromóforos a molécula de benzofenona, isto é, grupos com elétrons capazes de absorver energia ou luz visível, e assim formando novas moléculas (derivados) com melhores características do que a anterior, tais como, perda da irritabilidade, não mutagenicidade e aumento do peso molecular (Do Nascimento; Dos Santos; De Aguiar; 2012).

Alguns dos seus derivados são: 2,4-dihidróxibenzofenona (BP-1), 2,2,4,4-tetrahidróxibenzofenona (BP-2), 2-hidroxi-4-metoxibenzofenona (BP-3), 5-benzoil-4-hidróxi-2-metóxi-benzenossulfenona (BP-5), 2,2-dihidróxi-4,4-Dimetóxi-benzofenona (BP-6) e 3,3-carbonil-bis[4-hidróxi-6-metóxi-benzenossulfonato] de sódio (BP-9) (Do Nascimento; Dos Santos; De Aguiar; 2012). Dentre esses derivados, a de maior destaque é a benzofenona-3.

A benzofenona-3 (BP-3), popularmente conhecida como oxibenzona, é um derivado benzofenônico (figura 3) encontrado naturalmente em flores e, além do uso como filtro solar em cosméticos para proteger os seres humanos da radiação ultravioleta, também pode ser usado como fotoiniciador em reações poliméricas, aditivo alimentar e fixador de perfumes (Kim, 2018; Wnuk, 2021). Teve seu uso aprovado pela Food and Drug Administration (FDA) no início da década de 80 (Balogh *et al.*, 2011; Fda, 2019).

**Figura 3:** Fórmula estrutural da Benzofenona 3.



**Fonte:** Minassa, 2023.

A BP-3 apresenta um peso molecular de 228,2 g/mol e suas propriedades físico-químicas incluem ótima estabilidade fotoquímica, caráter hidrofóbico, potencial bioacumulativo, coeficiente de partição octanol/água (log Kow) de 3,8 e constante de dissociação ácida (pKa) de 7,6; o que explica sua ocorrência em vários meios (Manasfi *et al.*, 2017). De acordo com Manasfi *et al.* (2017) sua decomposição em ambientes naturais é muito difícil, contudo, degrada-se com a cloração, levando à formação de subprodutos que podem ser mais tóxicos do que seus compostos de origem.

No Brasil, em 23 de março de 2016, a ANVISA liberou uma Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) de N° 69, que permite a concentração máxima de 10% de BP-3 na formulação de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes, e caso o produto apresente em sua composição uma concentração maior à 0,5% de

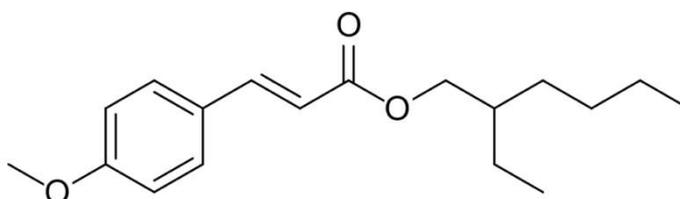
oxibenzona, deve declarar “contém benzophenone-3” em sua rotulagem (Anvisa, 2016; Kim, 2018).

De acordo com Grandó (2022), no que tange o âmbito global, as concentrações permitidas do composto podem variar muito. Na Austrália, a concentração máxima permitida é 10%, assim como no Brasil (Australian Government, 2021). Nos Estados Unidos, as concentrações máximas são de 6% (Fda, 2019) enquanto na União Europeia a concentração máxima reduziu de 6% para 2,2%, avaliando ser essa uma concentração segura para seus consumidores (Sccs, 2021).

#### 4.9 Octinoxato

O octilmetoxicinamato, conhecido comercialmente como octinoxato, é um composto orgânico, como mostra a figura 4, que em temperatura ambiente, exerce características líquidas com caráter incolor (ou pouco amarelado), sendo muito solúvel em solventes orgânicos, mas insolúvel em água, caracterizando-o como hidrofóbico (Schneider, Deckardt, Hellwig, *et al.*, 2005).

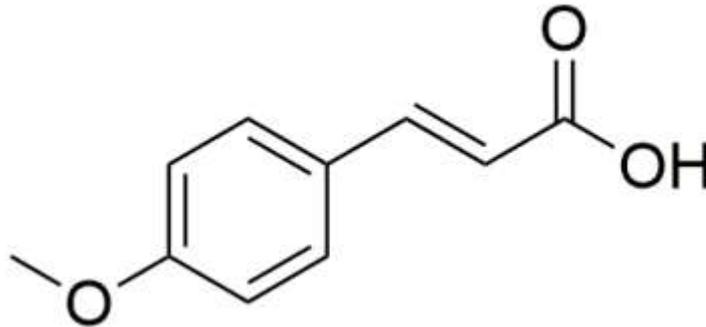
**Figura 4:** Estrutura molecular do octilmetoxicinamato.



**Fonte:** Lorigo, 2017.

Pertencente ao grupo dos derivados do ácido p-metoxicinâmico (figura 5), sua estrutura molecular distintiva apresenta um composto aromático que se caracteriza pela presença de uma ligação insaturada entre o anel aromático e o grupo carboxilo (Wang, Pan, Wu, *et al.*, 2016).

**Figura 5:** Estrutura do p-metoxicinâmico.



**Fonte:** Gonçalves, 2020.

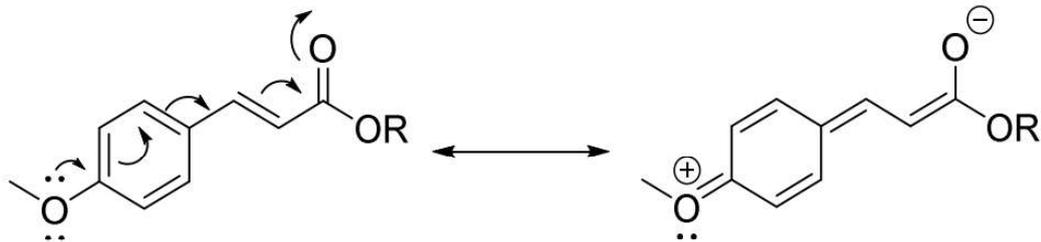
Devido a insaturação em sua cadeia que fornece ao composto um caráter com o pico de absorção máximo ao comprimento de onda de 311 nm, atualmente, os filtros ultravioletas mais comercializados mundialmente, possuem o octilmetoxicinamato em sua composição química (Burnett, Hu, Wang, 2012).

Países como Estados Unidos e até mesmo os pertencentes à União Europeia, são responsáveis pelas maiores legislações globais em relação a produção e consumo destes filtros solares, onde a concentração máxima autorizada está estabelecida de 10% e 7,5%, respectivamente (Wang, Pan, Wu, *et al.*, 2016).

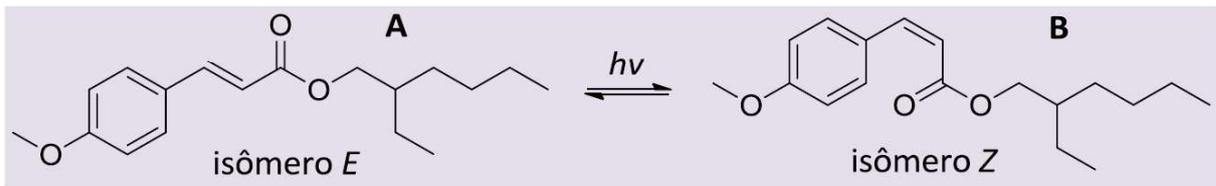
A molécula de octinoxato apresenta dois isômeros (cis e trans) sendo que o convencional entre a formulação de protetores é a presença de apenas um isômero, os trans que possui um grupo metoxi na posição *para* à cadeia alifática da molécula o que resulta na facilidade da deslocalização dos elétrons, conforme a figura 6, e por consequência é responsável por sua alta absorvidade molar.

**Figura 6:** Deslocalização eletrônica dos cinamatos.

Fonte: Shaath, 2010.



Recentes estudos vêm analisando o índice de exposição solar deste composto, que quando exposto a radiação emitida pelo Sol, sofre uma fotoisomerização do isômero trans (E) para o seu isômero cis (Z), como mostra a figura 7 (Pegoraro, Chiappero, Montejano, 2015; Kockler *et al.*, 2012).

**Figura 7:** Fotoisomerização do octinoxato.

Fonte: Nascimento e colaboradores, 2012.

Para MacManus, Tse, Klein e colaboradores (2011), ambos os isômeros são responsáveis pela formação de produtos de degradação, como o 4-metoxibenzaldeído e o 2-etilhexanol. Além disso, alguns desses fotoprodutos já foram caracterizados como tóxicos. A título de exemplo, tem-se a mistura após fotólise do octinoxato, que adquire um caráter mais tóxico para células de mamíferos, do que a presença do octinoxato sozinho.

De acordo com Duale, Olsen, Christensen, *et al.* (2011), atualmente, os dados sugerem que a toxicidade do octinoxato pode aumentar gradativamente devido ao seu processo de fotoisomerização seguido da exposição à radiação solar, o que gera interferência em processos celulares ou indução de danos oxidativos na pele humana, mesmo que sua aplicação tópica (isolado ou numa mistura de filtros UV) seja bem tolerada, e com pouca ou insignificante irritação para a pele, reações adversas ou efeitos fototóxicos.

Todavia, atualmente, observa-se que a foto-instabilidade dos filtros UV constitui em uma preocupação a nível ambiental, uma vez que a alteração de sistemas hormonais, reprodutores e cerebrais em animais de diversas espécies foram recentemente reportadas e a degradação de ambientes marinhos pela ação do octinoxato, também foi visualizada (Puglia, Damiani, Offerta, *et.al.*, 2014).

#### **4.10 Meio ambiente**

O conceito de meio ambiente é essencial para entender a intrincada rede de interações que sustentam a vida na Terra. Tradicionalmente, o meio ambiente é visto como um espaço natural, repleto de florestas, rios e biodiversidade, no entanto, essa perspectiva é limitada, uma vez que o meio ambiente também abrange as influências e modificações resultantes das atividades humanas. Ele é composto por elementos bióticos, que incluem todos os organismos vivos, como plantas, animais, fungos e microrganismos, além de elementos abióticos, que são os componentes não vivos, como água, ar, solo e energia solar. A interação entre esses fatores é crucial para a manutenção do equilíbrio ecológico (Scabin, Denise, 2024)

Além disso, ações antropogênicas desempenham um papel significativo no meio ambiente, uma vez que práticas agrícolas, urbanização e industrialização alteram habitats naturais e afetam a biodiversidade. A Política Nacional de Meio Ambiente do Brasil (PNMA), define o meio ambiente como um conjunto de condições que abriga e rege a vida em todas as suas formas. Nesse contexto, as atividades humanas têm gerado impactos profundos no meio ambiente. A poluição do ar e da água, o desmatamento e a degradação do solo são exemplos claros de como essas práticas podem comprometer a qualidade ambiental. Essas ações não apenas afetam os ecossistemas locais, mas também têm repercussões globais, contribuindo para mudanças climáticas e perda de biodiversidade (Souza, Motauri, 2020).

Portanto, o meio ambiente é um sistema complexo que integra elementos naturais e humanos. Compreender essa dinâmica é fundamental para reconhecer a importância das interações que moldam nosso planeta e sustentam a vida em suas diversas formas. Essa compreensão nos permite apreciar não apenas a beleza da

natureza, mas também os desafios impostos pelas transformações provocadas pelo ser humano (Scabin, Denise, 2024).

#### **4.11 Recifes de coral**

Os recifes de coral são ecossistemas marinhos altamente diversificados e desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade global. Considerados o mais rico habitat marinho do mundo, abrigam cerca de 25% de todas as espécies marinhas, incluindo 65% dos peixes, e são fundamentais para a economia de muitas comunidades, servindo como fonte de alimento e renda, que inclui a pesca e o turismo, gerando receitas significativas e empregos para milhões de pessoas. No Brasil, esses recifes se estendem por aproximadamente três mil km de costa, desde o Maranhão até o Sul da Bahia, representando as únicas formações recifais do Atlântico Sul (Brasil, 2018).

Os recifes de coral não apenas fornecem habitat para uma variedade de vida marinha, mas também atuam como barreiras naturais contra tempestades e erosão costeira. Eles são formados por colônias de pólipos que secretam carbonato de cálcio, criando estruturas complexas que sustentam diversas formas de vida. Além disso, os corais estabelecem relações simbióticas com algas unicelulares chamadas zooxantelas, que realizam a fotossíntese e fornecem nutrientes essenciais para os corais. Essa interação é vital para a saúde dos recifes e para a sobrevivência de muitas espécies marinhas (Brasil, 2018).

Entretanto, os recifes de coral enfrentam sérios desafios devido às atividades humanas. A degradação desses ecossistemas está intimamente ligada a fatores como mudanças climáticas, poluição, sobrepesca e práticas pesqueiras destrutivas. O aquecimento global provoca o fenômeno do branqueamento dos corais, onde os corais expulsam as zooxantelas em resposta ao estresse térmico, resultando em perda de cor e vitalidade. Eventos extremos, como o branqueamento massivo ocorrido em 1998, danificaram vastas áreas de recifes ao redor do mundo (National Geographic, 2023).

O fenômeno do branqueamento de corais é um dos principais desafios que a ecologia moderna enfrenta, refletindo a complexidade das interações entre os seres vivos e seu ambiente. Os corais, pertencentes ao *Filo Cnidaria*, são organismos metazoários multicelulares que apresentam simetria radial e muito polimorfismo. Eles

mantêm uma relação simbiótica com as algas unicelulares chamadas zooxantelas, que desempenham um papel crucial na nutrição dos corais, fornecendo até 90% de suas necessidades nutricionais através da fotossíntese (Brown, 1997).

Quando os corais estão sob estresse, como o causado pelo aumento da temperatura da água e outras condições ambientais adversas, eles expulsam essas algas, revelando seu esqueleto de carbonato de cálcio e resultando na perda de coloração, um processo conhecido como branqueamento (Brusca; Moore; Schuster, 2018).

Esse fenômeno ocorre em resposta a condições oceânicas e climáticas anormais. Fatores como turbidez da água, sedimentação e eutrofização também contribuem para o estresse dos corais. Os recifes de corais são ecossistemas marinhos extremamente biodiversos e produtivos, abrigando cerca de 25% das espécies marinhas conhecidas. No entanto, esses ecossistemas estão sob ameaça devido a atividades humanas, incluindo a extração de carbonato de cálcio, poluição e práticas de turismo não sustentáveis. A contaminação por microplásticos intensifica ainda mais o estresse nos corais, tornando-os mais vulneráveis ao branqueamento (Brown, B.E, 1997).

O aumento da temperatura global, impulsionado pelas emissões de gases do efeito estufa decorrentes da queima de combustíveis fósseis e desmatamento, altera drasticamente o equilíbrio dos ecossistemas marinhos. A velocidade e magnitude das mudanças climáticas atuais são alarmantes e têm consequências diretas sobre a saúde dos recifes de coral. A degradação dos recifes não é apenas uma questão ambiental; ela impacta diretamente as comunidades costeiras que dependem desses ecossistemas para sua subsistência (Bright, 1997).

Além disso, os recifes desempenham um papel vital na proteção das regiões costeiras e constituem uma complexa teia alimentar marinha. Sua degradação pode levar à perda de biodiversidade e à deterioração da qualidade ambiental nas áreas costeiras. Portanto, a pesquisa sobre o branqueamento de corais é essencial para entender as causas e consequências desse fenômeno (Castro; Huber, 2012).

A conscientização sobre a importância dos corais para a biodiversidade marinha e para a economia local é fundamental para promover ações de conservação. Projetos educacionais que abordam as consequências das ações humanas no meio ambiente podem ajudar a formar uma nova geração mais consciente e engajada na proteção dos recifes (Brusca; Brusca, 2007; Souza, 2016).

Regulamentações rigorosas são necessárias para proteger esses ecossistemas frágeis. A implementação de práticas sustentáveis em turismo e pesca pode mitigar os impactos negativos sobre os recifes. O fortalecimento das áreas marinhas protegidas e a promoção de alternativas econômicas sustentáveis são estratégias que podem contribuir significativamente para a preservação dos corais (Brusca; Brusca, 2007; Souza, 2016).

Além disso, a poluição proveniente de nutrientes e sedimentos, a mineração e o uso de substâncias tóxicas na pesca agravam ainda mais a situação dos recifes. Esses impactos não apenas reduzem a biodiversidade local, mas também comprometem os serviços ecossistêmicos que os recifes oferecem à humanidade. A importância da conservação e proteção desses ambientes é reconhecida por iniciativas governamentais e organizações não governamentais que buscam mapear e monitorar os recifes brasileiros (Wwf-Brasil, 2023).

Portanto, enquanto os recifes de coral continuam a ser vitais para a saúde dos oceanos e das comunidades costeiras, sua degradação sob a influência humana exige atenção imediata. A preservação desses ecossistemas não é apenas uma questão ambiental, é uma questão que afeta diretamente a segurança alimentar, econômica e social das populações que deles dependem (Barbosa, G, 2023).

#### **4.12 Filtros solares e seus danos ao meio ambiente**

A crescente preocupação com a saúde da pele tem impulsionado o uso de filtros solares, mas estudos recentes revelam que muitos desses produtos contêm compostos químicos que podem ter efeitos prejudiciais ao meio ambiente, especialmente aos recifes de coral. Entre esses compostos, a oxibenzona (ou benzofenona-3) se destaca como um dos ingredientes mais problemáticos. Embora seja eficaz na proteção contra os raios UV, a oxibenzona pode ser metabolizada por organismos marinhos, como corais e anêmonas, em substâncias tóxicas quando exposta à luz solar (Spinnaker, 2020).

Essa transformação resulta em fototoxinas que danificam as células e prejudicam a saúde dos corais, especialmente aqueles que já estão estressados e "branqueados" devido ao aumento das temperaturas oceânicas e outras pressões ambientais (Vuckovic *et al.*, 2019).

A oxibenzona não apenas causa danos diretos aos corais, mas também interfere em seus sistemas endócrinos, levando a deformidades nas larvas e comprometendo o desenvolvimento saudável dos organismos. Uma pesquisa publicada na revista *Science* revelou que, sob condições de luz UV, os corais expostos à oxibenzona apresentaram taxas de mortalidade significativamente mais altas. Os corais "branqueados", que já perderam suas algas simbióticas vitais, mostraram-se ainda mais vulneráveis a esses efeitos tóxicos, aumentando a gravidade da degradação dos recifes em áreas turísticas onde o uso de protetores solares é comum (Vuckovic *et al.*, 2019). A relação entre o uso de filtros solares e a saúde dos recifes é especialmente preocupante em regiões com alta densidade populacional e turismo intenso.

Além da oxibenzona, outros compostos presentes em filtros solares também têm sido associados à toxicidade para os recifes. O benzofenona-2 (BP-2) e o octinoxato são conhecidos por causar danos ao DNA dos corais e aumentar a frequência de mutações. A presença desses compostos nos oceanos é frequentemente atribuída ao escoamento de águas residuais e ao uso direto por banhistas (Noaa, 2021). Esses produtos químicos não apenas afetam os corais, mas também impactam a biodiversidade marinha como um todo. A degradação dos recifes compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como proteção costeira contra tempestades e habitat para uma vasta gama de espécies marinhas.

As consequências do uso de filtros solares convencionais vão além da saúde dos recifes, elas afetam diretamente a biodiversidade marinha e os serviços ecossistêmicos que os recifes proporcionam. A poluição causada por produtos químicos de cuidados pessoais é um fator adicional que agrava os desafios enfrentados pelos recifes em um cenário já crítico devido às mudanças climáticas. A combinação do estresse causado pelo aumento das temperaturas oceânicas e pela poluição química pode levar a uma rápida degradação dos ecossistemas recifais (Falcão, V, 2020).

Diante dessas evidências alarmantes, é essencial que políticas públicas sejam implementadas para monitorar e regular o uso de filtros solares em áreas costeiras sensíveis. Algumas regiões, como o Havaí e as Ilhas Virgens Americanas, já proibiram protetores solares contendo oxibenzona para proteger seus recifes. Alternativas mais seguras devem ser incentivadas, promovendo o desenvolvimento de protetores solares que não contenham substâncias nocivas à vida marinha. A conscientização

sobre os impactos ambientais dos produtos que usamos diariamente é fundamental para proteger nossos ecossistemas marinhos e garantir sua sobrevivência para as futuras gerações (Falcão, V, 2020).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Contaminação da oxibenzona no meio ambiente**

Conforme apresentado anteriormente na revisão bibliográfica, com as bruscas mudanças climáticas frequentes devido ao aquecimento global, como calores intensos e clima seco, a procura por filtros solares apresentou um aumento muito grande durante esses últimos anos, bem como sua quantidade nos oceanos. Os filtros UV apresentam alguns compostos extremamente nocivos para o meio ambiente, entre eles a oxibenzona. Uma vez que os filtros possuem esses compostos, a introdução deles ao meio aquático pode ocorrer de duas formas: direta ou indireta (Minassa, 2023).

A contaminação direta se dá quando o indivíduo aplica o protetor solar e em seguida entra em piscinas, banheiras e praias fazendo com que o produto entre em contato com a água pouco tempo após sua aplicação. Já a contaminação indireta, ocorre por meio de resíduos industriais, lavagem de roupas e até mesmo através da urina (Minassa, 2023), que foi comprovado conforme os estudos realizados por Gustavsson Gonzalez *et al.* (2002), em voluntários do sexo feminino e masculino, onde a oxibenzona foi absorvida pela pele e média de 0,4% da oxibenzona foi excretada na urina dos voluntários. Ainda nesse estudo, os dados levantados mostram que foi identificado a presença desse mesmo composto na urina cerca de 48h após a aplicação de 40 gramas do protetor solar possuindo 4% de oxibenzona.

As estações de tratamento de água também são caracterizadas por contaminarem de forma indireta já que estas captam as águas que contém esses filtros UV e não conseguem removê-los totalmente da água. Com isso, a

contaminação por esses poluentes, principalmente da oxibenzona, de ambas as formas, apresentam um crescente aumento e como resultado, surgiu a necessidade de estudos para analisar os impactos na saúde e meio ambiente e suas possíveis consequências (Minassa, 2023).

De acordo com a tabela 1, é possível observar as concentrações de oxibenzona em baías, estações de tratamento de água e esgoto, praias e rios em várias partes do mundo. A presença da oxibenzona nesses locais passa a ser uma preocupação para as populações que dependem de rios para sua subsistência e principalmente para os ecossistemas costeiros, uma vez que as águas tratadas podem ser lançadas em rios e estes podem desembocar em mar aberto, e as praias que possuem contato direto com o oceano apresentam grande atividade turística.

**Tabela 1:** Concentração de oxibenzona em várias partes do mundo.

País	Cidade/Estado	Local	Concentração
Coreia	Não especificado	Estação de tratamento de água e esgoto	6,000 ng/L
Japão	Tóquio	Baía	24-86 ng/L
EUA	Nova Iorque	2 Baías e um rio próximo a uma estação de tratamento de água	23-178 ng/L
	Los Angeles	Praias e locais próximos de estações de tratamento de água	227-601 ng/L
	Havaí	Na areia da baía de Hanauma	136-27880 ng/L
China	Hon Kong	Estações de tratamento de água, praias e locais com atividade aquáticas	39-5429 ng/L
	Shantou	Praias e locais próximos de estações de tratamento de água	55-188 ng/L
	Chaozhou	Praias e locais próximos de estações de tratamento de água	37-49 ng/L
	Tianjin	Estações de recuperação de águas residuais	97-722 ng/L
Tailândia	Bangkok	Rio	86-116 ng/L

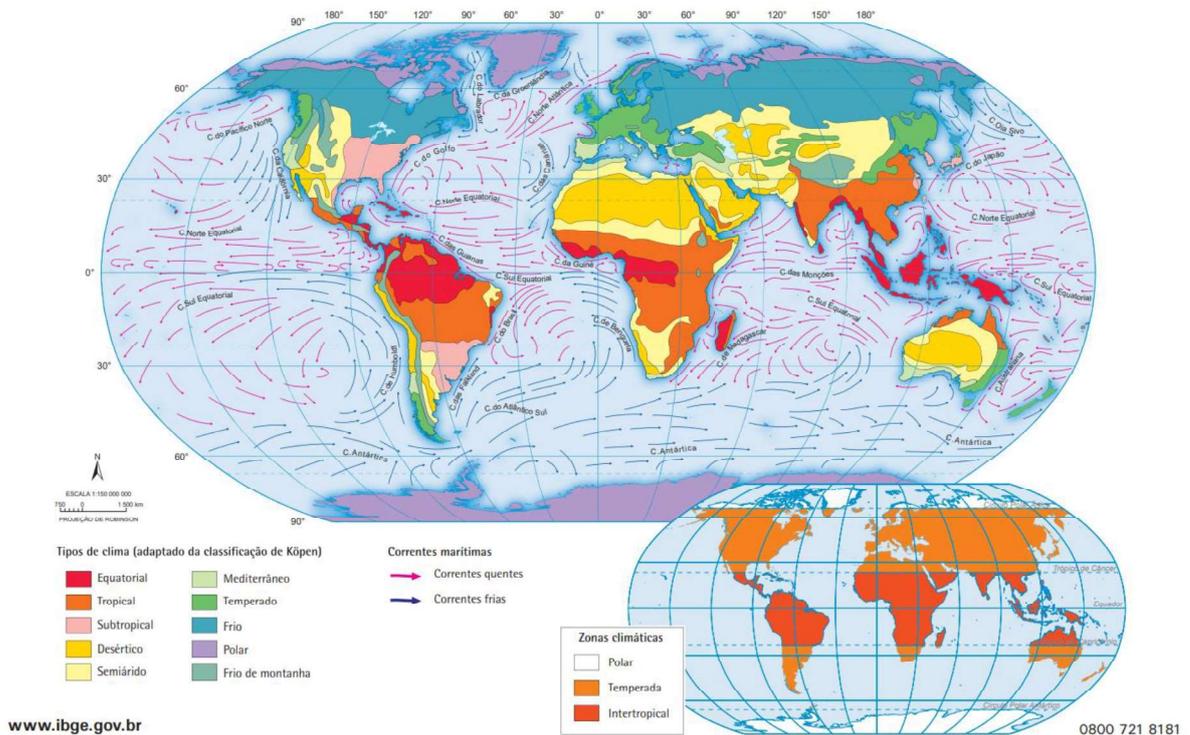
**Fonte :** Dos autores, 2024. Adaptado de Downs *et al.*, 2021; Ekpeghere *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2007; Tsui *et al.*, 2014; Minassa, 2023.

Na Coreia, o mesmo estudo demonstrou que cerca de 82-100% da oxibenzona foi removida pela estação, porém a parcela de 1,000 ng/L que não foi removida pode ser considerada alta devido as suas propriedades bioacumulativas no meio ambiente

o que pode resultar em diversas alterações em organismos vivos de um determinado ecossistema, e logo essas alterações podem ocorrer nos seres humanos que por sua vez, se alimentam desses organismos contaminados (Ekpeghere *et al.*, 2016).

Assim, os resultados presentes na tabela 1, mostram como são alarmantes as concentrações de oxibenzona em escala global, e mesmo que em concentrações consideradas baixas, os danos causados por esse composto podem ser devastadores e irreversíveis, como é o caso do branqueamento dos corais, que será abordado mais adiante. Ademais, os estudos de outros países, com exceção da Coreia, não apresentaram se houve uma taxa de remoção da oxibenzona pela estação de tratamento ou métodos de remoção em rios, praias e baías fazendo com que a atuação das circulações de massas de água no mundo, como mostra a imagem 3, agravem ainda mais essa contaminação.

**Imagem 3:** Correntes marítimas e clima.



Fonte: Ibge.

As circulações de massas de água que, em movimentos horizontais, são chamadas de correntes marítimas, auxiliam na distribuição horizontal do calor proveniente do Sol pelo planeta (Barbieri, 2004), além de facilitarem a dispersão não só da oxibenzona, que pode estar em águas tratadas, como a de vários outros

produtos em meio aquático que podem causar a morte de organismos marinhos. Como exemplificação disso, estudos organizados por Tsui *et al.* (2014) revelam concentrações de 17-33 ng/L de oxibenzona no oceano Ártico.

## 5.2 Danos aos corais por oxibenzona

Conforme mencionado anteriormente, os corais, estruturas rochosas, rígidas e resistentes, construídas por animais e vegetais marinhos que, quando saudáveis podem abrigar milhões de zooxantelas por centímetro quadrado, são os organismos formadores dos recifes de coral (Hughes *et al.* 2003).

Como é conhecido, os recifes de coral são de grande relevância biológica, pois além de possuírem um extenso banco genético para pesquisas, oferecem uma variedade de vantagens farmacológicas para produção de medicamentos, tal como propriedades anti-inflamatórias e antivirais (Cooper *et al.*, 2014; Lima & Dias, 2016; ICRS, 2020). Ademais, agem como verdadeiros agentes protetores contra a erosão costeira provocada pelo hidrodinamismo, demonstrando também, que são excelentes indicadores de alterações globais climáticas e geográficas (Castro & Zilberberg, 2016; Lima & Dias, 2016).

Por serem elementos vitais para preservação e renovação de inúmeros ecossistemas, os danos aos recifes de coral têm sido objeto de estudos e análises há muitos anos. Vários autores contribuíram para a compreensão desses organismos e os prejuízos que ações naturais e, sobretudo, humanas, provocam neles.

A título de exemplo, o estudo de Downs *et al.* (2016), oferecem uma análise aprofundada dos efeitos tóxicos da BP-3 (Benzofenona-3) nas larvas da espécie de coral *Stylophora pistillata*, encontradas na maioria dos recifes de coral ao redor do mundo. A pesquisa foca principalmente na análise dos efeitos dos filtros solares que contém benzofenona-3 em sua composição, e as consequências para larvas de corais e células primárias cultivadas (Downs *et al.* 2016).

Todavia, Danovaro *et al.* (2008) foram os pioneiros nas investigações acerca dos protetores solares e suas influências na deterioração dos recifes de coral. No total, quatro nações sediaram os experimentos: Siladen, com o mar de Celebes (Indonésia); Akumal, com o mar do Caribe (México); Phuket, com o mar de Andaman (Tailândia) e o Parque Nacional de Ras Mohammed, com o mar Vermelho (Egito) (Danovaro *et al.* 2008; Wood, 2018).

Danovaro *et al.* (2008), notaram que corais expostos a temperaturas elevadas apresentavam branqueamento precoce, indicando a presença de efeitos sinérgicos devido a temperatura do meio aquático. Em relação aos compostos químicos, a presença de oxibenzona e octinoxato provocou um branqueamento quase que imediato quando entraram em contato com esses organismos, mesmo que a concentração desses compostos fosse reduzida.

Transferindo as pesquisas para o território brasileiro, Leão (1985;1988;1999), realizou a primeira pesquisa no Brasil sobre recifes de coral, identificando o modo de reprodução desses organismos e como ele se dá, a abrangência territorial que eles ocupam no país, a diversidade e o tipos de corais brasileiros, além das ações danosas a essas espécies, como o turismo excessivo e o aumento do branqueamento por compostos químicos (Castro & Pires, 2001; Leão *et al.* 2016; Pereira-Filho *et al.* 2019; Soares *et al.* 2021).

Retornando aos estudos de Downs *et al.* (2016), esse tópico analisará sua pesquisa e resultados com ênfase na relevância dos dados apresentados e nas implicações da contaminação por oxibenzona nas larvas de coral.

Inicialmente, o planejamento experimental dos estudos de Downs *et al.* (2016), seguiu as orientações, critérios e alterações da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), assegurando que os resultados alcançados fossem válidos e reproduzíveis, etapa crucial da pesquisa, uma vez que se trata de um elemento fundamental para identificar as características biológicas e ecologias dos corais (Downs *et al.* 2016).

Como estudo prático, a segunda etapa envolveu o preparo de soluções com amostras de água do mar sintética, que foram estruturadas com água de qualidade ambiental Fisher Scientific e sais marinhos da Sigma-Aldrich. Os pesquisadores ajustaram a salinidade da solução para 38 partes por mil (‰), o que representa a condição natural do ambiente dos corais (Downs *et al.* 2016).

O ajuste da salinidade da solução foi de suma importância para que íons como sódio, cloreto, magnésio e cálcio, que são fundamentais para a saúde e crescimento dos corais, estivessem presentes na composição química da água. Adiante, a benzofenona foi solubilizada em dimetilsulfóxido (DMSO) antes de ser diluída em solução de água do mar.

Segundo Downs *et al.* (2016), o DMSO é frequentemente empregado em estudos de toxicidade, uma vez que possibilita a solubilização de compostos que não

se dissolvem facilmente em água. A subsequente diluição em água do mar artificial assegura que as concentrações avaliadas sejam pertinentes ao ecossistema marinho.

Posteriormente, os organismos das larvas de corais, também conhecidas como planulae, foram submetidas as amostras de água do mar sintéticas que continham diferentes concentrações de benzofenona-3 em sua composição, por períodos de exposição variados – de 24 a 48 horas - (Downs *et al.* 2016). Abaixo, na tabela 2, encontram-se as diferentes concentrações de benzofenona-3 presentes nas amostras.

**Tabela 2:** Concentrações de BP-3 utilizadas no estudo.

Concentrações de BP-3
1 mM BP-3 (228 ppm)
0,1 mM BP-3 (22.8 mg/L)
0,01 mM BP-3 (2.28 mg/L)
0,001 mM BP-3 (228 µg/L)
0,0001 mM BP-3 (22.8 µg/L)

**Fonte :** Downs ; Brown ; Hazzard; *et al.* (2015).

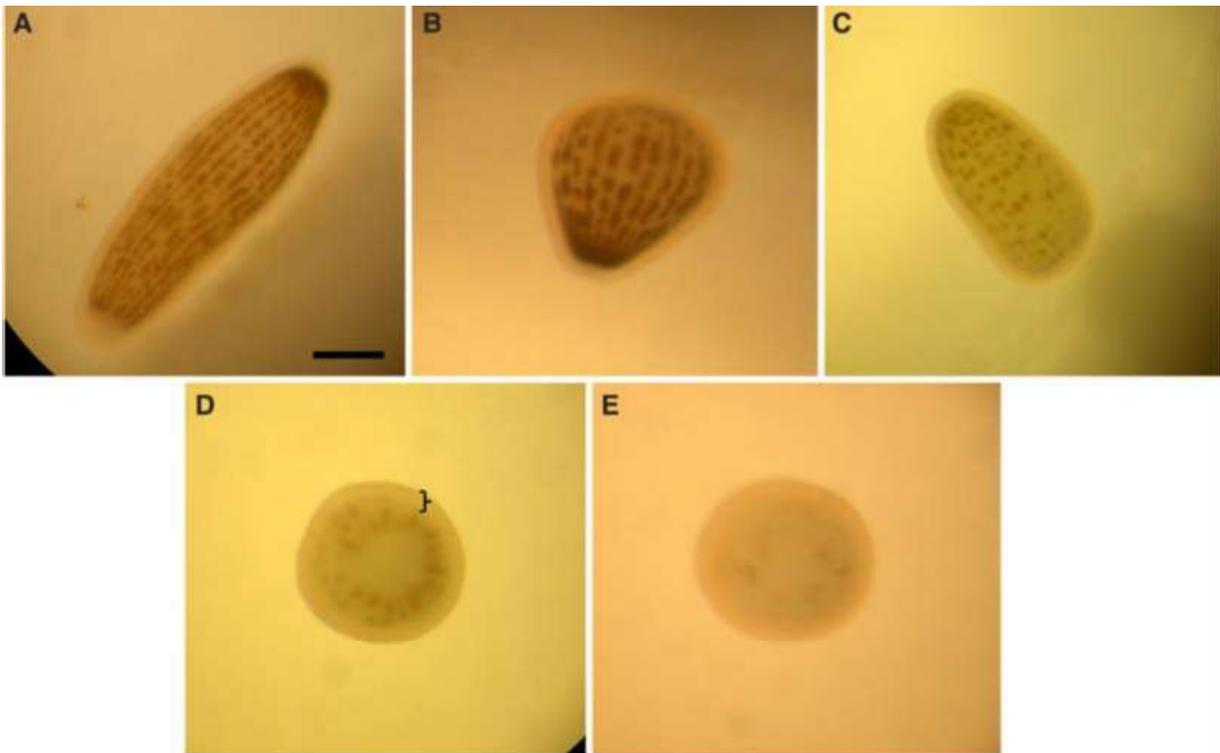
Durante e após a exposição a benzofenona-3, todos os dados foram coletados para avaliar a mortalidade (LC50) e efeitos subletais (EC20) nos organismos expostos. De acordo com a OECD, denomina-se como (LC50) toda concentração presente em uma substância responsável por causar a morte de 50% da população de algum organismo, já (EC20) é a concentração que causa efeito biológico observável em 20% da população exposta.

Os dados coletados por Downs *et al.* (2016), foram analisados por métodos estatísticos, como o Método de Steel – utilizado para determinação de concentrações de “No Observable Effect Concentration (NOEC)” ou “Sem Efeitos Observáveis de Concentração (SEOC)” -, Análise de Regressão, Análises Poc Hoc, além da utilização de quatro réplicas de cada concentração, possibilitando um bom resultado estatístico, e a utilização de softwares como JPM, SAS e SigmaPlot.

As abordagens estatísticas foram fundamentais para a interpretação dos dados obtidos e para a validação dos efeitos acerca da BP-3 nas planulae de corais, garantindo resultados eficazes e seguros.

O propósito principal desta primeira etapa da análise, foi examinar com o auxílio da microscopia eletrônica, os danos causados aos corais pela solução anteriormente preparada, concentrando-se em testes de toxicidade após os corais serem expostos a variados níveis de concentrações de BP-3, e os impactos em termos de mortalidade, alterações morfológicas e danos celulares, presentes nas imagens A, B, C, D, E (Downs *et al.* 2016).

**Imagem 4:** *Stylophora pistillata* planulae exposta a diversos tratamentos de benzofenona-3 (BP-3). A Controle de planula exposta por 8h à luz. B planula exposta a 22,8 partes por bilhão (lg/L) de BP-3 por 8h na luz. C planula exposta a 228 partes por bilhão (lg/L) de BP-3 por 8h na luz. D planula exposta a 2,28 partes por milhão (mg/L) de BP3 por 8h na luz. E planula exposta a 28,8 partes por milhão (mg/L) BP-3 por 8 horas à luz. A barra de escala é de 0,5 mm (Downs *et al.* 2016).



**Fonte:** Downs; Brown; Hazzard; *et al.* (2015).

Por instrumento final, o uso da luz foi fundamental para a análise das planulae de coral, uma vez que ela pode influenciar negativamente a fisiologia e o comportamento dos organismos. Nas tabelas 3 e 4, localizadas abaixo, encontram-se os resultados obtidos pela ação da luz, juntamente a ação da solução de BP-3 em água do mar sintética.

**Tabela 3:** Danos causados a exposição de BP-3 e a luz, as planulae de coral.

Condição de exposição:	Dano observado:	Concentração de BP-3 ( $\mu\text{g/L}$ ):	Resultado:
Luz – 8 horas	Deformação das planulae	Variadas (2.28 a 22.8)	Aumento significativo na taxa de deformação e morte.
Luz – 24 horas	Redução da movimentação ciliar	Variadas (2.28 a 22.8)	Aumento da mortalidade e estresse oxidativo.
Escurecimento - 8 horas	Deformação das planulae	Variadas (2.28 a 22.8)	Deformações observadas, mas menos severas que na luz.
Escurecimento - 24 horas	Menor impacto na morfologia	Variadas (2.28 a 22.8)	Menor taxa de mortalidade em comparação com a luz.

**Fonte:** Autoria própria (2024).

**Tabela 4:** Danos causados a exposição de BP-3 as planulae de coral.

Tipos de dano:	Especificação do dano:
Dano Celular e Tecidual	Morte celular e deterioração tecidual que se estendeu durante toda a superfície até o centro das larvas.
Degradação de Células Ciliadas	Sinais de degradação celular, com a presença de corpos vacuolados e perda de membrana plasmática.
Alteração dos núcleos	Presença de delaminação parcial da membrana nuclear.
Danos ao DNA	Identificação de lesões abásicas no DNA, indicando danos genéticos as larvas.
Alterações Morfológicas	Presença de deformidades e anomalias morfológicas.
Mortalidade	Taxas de mortalidade elevadas em larvas de coral com concentrações medianas letais (LC50) e concentrações de efeito (EC20) que quantificaram a toxicidade do BP-3

**Fonte:** Autoria própria (2024).

Ao analisar o quadro 1, percebe-se que a exposição à luz, aliada a diferentes concentrações de BP-3, foi extremamente danosa para as larvas de corais. Embora a luz seja crucial para o processo de fotossíntese das zooxantelas, durante o efeito fotossintético, a luz atua como catalisador das reações químicas, intensificando a toxicidade da benzofenona-3 (Danovaro *et al.* 2008)

Analisando o Quadro 2, é possível identificar os variados danos as planulae, também causados pelos fatores de luz e pelas concentrações da BP-3. Conforme a Imagem 2, se tornaram evidentes os males quando ambos os fatores aparecem em conjunto.

Na primeira avaliação, Downs *et al.* (2016), constatou que a exposição ao BP-3 teve impactos negativos e significativos na saúde e sobrevivência das larvas de coral. Esses resultados podem ter implicações importantes na demografia e a estrutura das comunidades de recifes de coral, particularmente em ambientes marinhos contaminados com BP-3.

Com base nos resultados da degradação dos corais pela metodologia inicial proposta por Downs *et al.* (2016), conduziu-se a segunda etapa da pesquisa. O objetivo foi verificar se as células de coral poderiam prever os impactos da BP-3 nas planulae, considerando que a coleta dessas planulae podem ser desafiadoras por inúmeros motivos.

Inicialmente, houve-se a coleta das amostras de água do mar, que foram realizadas nos mares das Ilhas Virgens nos Estados Unidos e nas Ilhas Havai, onde se havia a suspeita de contaminação por BP-3 nessas regiões. Uma provável possibilidade da coleta nessas regiões, foi o alto índice de turismo, as condições climáticas favoráveis durante várias épocas do ano e principalmente, a grande bacia hidrografia das regiões (Downs *et al.* 2016).

Downs *et al.* (2016), empregaram frascos de vidro âmbar com tampas de Teflon para coletar água, assim, prevenindo a degradação pela ação luminosa. Os frascos de âmbar são projetados para proteger as amostras contra a ação dos raios UV que podem degradar compostos químicos fotossensíveis, como é o caso dos protetores solares. Juntamente com o Teflon, que atua como material inerte por não reagir com a maioria dos compostos químicos, evitando assim a contaminação da amostra. A técnica empregada pelos autores se mostrou eficaz e seguiu os parâmetros para evitar interferências do meio externo, possibilitando maior confiabilidade durante as análises.

A coleta foi realizada a 35cm abaixo da superfície da água com um volume variando de 100 a 500mL para assegurar que houvesse quantidade suficiente para análise (Downs *et al.*, 2016).

Adiante, na etapa de extração, foi realizado um processo de filtração para eliminar partículas sólidas e concentrar as planulae, utilizando cartuchos C-18 (500 mg, 6 mL) em um Manifold de vácuo, que auxiliam na eliminação de impurezas e na concentração dos organismos. Antes de adicionar as amostras de água do mar, os cartuchos foram condicionados com metanol e água (Downs *et al.*, 2016).

Depois de extraídos, os cartuchos foram secos e os compostos foram eluídos através de uma mistura de acetona e diclorometano, compostos comumente utilizados como solventes em processos de análise e extração. Os extratos foram então evaporados até a secagem sob um fluxo suave de nitrogênio (Downs *et al.*, 2016).

Logo após, as amostras foram mantidas em temperaturas apropriadas - como o congelamento a  $-80^{\circ}\text{C}$  -, e analisadas por meio de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS) para separação analítica. Por fim, os analitos foram medidos através da técnica de MRM, que possibilita a detecção sensível de compostos específicos onde as amostras estão presentes (Downs *et al.*, 2016).

Os autores, Downs *et al.* (2016), observaram que 85% dos analito-alvos foram recuperados. Além disso, eles estabeleceram o Limite de Detecção (LOD) em 100 ppt e o Limite de Quantificação (LOQ) em 5 ppb ( $\mu\text{g/L}$ ). Foram identificadas concentrações de BP-3, mesmo que abaixo dos limites quantitativos, provocando danos como a opacidade induzida pela ossificação na camada do tecido epidérmico das planulae.

Abaixo, encontram-se os tipos de danos e as diferentes concentrações de BP-3 que acarretaram essas lesões.

**Tabela 5:** Danos causados a exposição de BP-3 na segunda análise, e suas respectivas concentrações.

Tipos de danos	Descrição	Concentração de BP-3 quantificadas nas amostras
Morte das planulae	Aumento da mortalidade.	LC50 em luz: $139 \mu\text{g/L}$
Dano ao DNA	Formação de lesões abásicas do DNA, indicando danos genotóxicos.	Não especificado.
Alterações Morfológicas	Mudanças na morfologia das planulae, incluindo opacidade induzida pela ossificação.	Observado em concentrações mais altas.
Coral Bleaching	Indicações de branqueamento em corais expostos ao BP-3.	Não especificado.

**Fonte:** Autoria própria (2024).

Na tabela 5, é possível observar que a BP-3 tem efeitos adversos e significativos sobre os corais, especialmente nas planulae da espécie *Stylophora pistillata*. Os resultados demonstraram que não há somente a presença da

mortalidade, mas também de danos ao DNA e alterações morfológicas, concluindo que a exposição a benzofenona apresenta uma ameaça significativa para os corais, especialmente para suas larvas.

Downs *et al.* (2016), identificaram a oxibenzona como fototóxica e genotóxica para corais. Acredita-se que concentrações entre 8 e 340 $\mu\text{gL}^{-1}$  possam ser letais (CL50) para larvas de coral (Downs *et al.* 2016). A oxibenzona, em pesquisas com outras espécies, foi identificada como tóxica, inibidora da reprodução e do desenvolvimento celular para algas, peixes e bactérias (Liu *et al.*, 2015; Gao *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2017;2021; Mao *et al.*, 2018).

Além dos estudos de Downs *et al.* (2016), estima-se que entre 6.000 e 10.000 toneladas de protetor solar – muitos contendo de 1 a 10% de oxibenzona são despejadas em áreas litorâneas anualmente, colocando em risco aproximadamente 10% desses recifes em escala global e 40% em áreas costeiras (Danovaro *et al.* 2008; Downs *et al.*, 2015; Wilkinson, 2008).

### **5.3 Danos aos corais por octinoxato**

O octilmetoxicinamato, também chamado de octinoxato, impacta principalmente os corais por meio da sua fotoisomerização e da geração de subprodutos nocivos quando expostos à radiação ultravioleta. Ao ser exposto à luz solar, o octinoxato passa de seu isômero trans para o isômero cis, originando compostos que podem ser mais nocivos à vida marinha. Não apenas suas características químicas se alteram, mas também originam derivados como o 4-metoxibenzaldeído e o 2-etilhexanol, que são comprovadamente tóxicos e podem afetar processos celulares vitais para os corais (Vuckovic, 2023).

Pesquisas indicam que o contato com o octinoxato pode causar estresse oxidativo nas células coralinas, resultando em danos ao DNA e prejudicando sua habilidade de reprodução. A maior toxicidade dos produtos da fotoisomerização interfere no crescimento larval de algumas espécies, como notado em *Stylophora pistillata*, cujas larvas exibiram deformidades após o contato. Isso prejudica a renovação populacional e diminui a capacidade de resistência dos recifes frente às alterações climáticas e outros efeitos ambientais (Grimsditch, 2020).

Ademais, a continuidade do octinoxato no meio marinho levanta questões sobre sua bioacumulação nos tecidos corais e a possível sinergia com outros poluentes. Os

prejuízos ambientais não se limitam apenas aos corais; as consequências negativas também impactaram peixes e ouriços-do-mar, podendo afetar seus sistemas hormonais e reprodutivos. Portanto, o uso de filtros solares contendo octinoxato constitui uma ameaça considerável para a saúde dos recifes de corais e para a biodiversidade marinha como um todo. (Ufpe, 2020).

#### **5.4 Alternativa aos filtros solares químicos**

Os filtros solares físicos, como o dióxido de titânio e o óxido de zinco, destacam-se pela capacidade de criar uma barreira protetora na superfície da pele, refletindo ou dispersando a radiação ultravioleta (UV). A baixa alergenicidade dessas substâncias as torna especialmente adequadas para formulações dermatológicas voltadas a indivíduos com pele sensível ou para o uso em crianças. A estabilidade dos filtros físicos sob exposição solar é um ponto positivo em termos de segurança, no entanto, é necessário considerar o impacto estético, já que a aplicação desses compostos pode deixar um resíduo esbranquiçado na pele, o que compromete sua aceitação por parte dos consumidores (Cabral, Pereira e Partata, 2013).

Os filtros solares químicos, por outro lado, são amplamente utilizados devido à sua capacidade de absorção da radiação UV em diferentes comprimentos de onda. Produtos químicos como a oxibenzona e o octinoxato são eficazes na proteção contra a radiação UVA e UVB, entretanto, sua estabilidade fotoquímica e a formação de subprodutos após a exposição à radiação são pontos críticos a serem analisados. Além disso, estudos indicam que essas substâncias podem ser absorvidas pela pele e liberadas no ambiente, particularmente em áreas costeiras, onde são associadas a efeitos deletérios, como o branqueamento de corais. Isso levanta questões sobre o impacto ambiental de seu uso contínuo, especialmente em regiões com altos índices de turismo e atividade aquática (Cabral, Pereira e Partata, 2013).

Em relação aos filtros naturais, compostos por extratos vegetais e óleos, observa-se que, embora apresentem potencial de absorção de radiação UV, sua eficácia ainda é limitada em comparação aos filtros químicos e físicos. A baixa estabilidade fotoquímica desses filtros e sua capacidade reduzida de absorção dos raios UV restringem sua aplicação como agentes protetores primários. Em geral, eles são utilizados como componentes auxiliares em formulações mistas, combinando-se a outros tipos de filtros para aumentar a eficácia global. Além disso, há desafios

relacionados à padronização dos componentes naturais, o que pode influenciar diretamente a eficácia do produto (Cabral, Pereira e Partata, 2013; Souza, 2010).

Os resultados desta análise indicam a necessidade de um desenvolvimento contínuo de alternativas aos filtros solares convencionais, visando à otimização das características protetoras sem comprometer a segurança ambiental. A substituição parcial ou total dos filtros químicos por soluções mais sustentáveis, como filtros físicos ou naturais, pode mitigar os impactos ambientais observados em áreas costeiras, contudo, há desafios relacionados à aceitação estética e ao desempenho dessas alternativas (Cabral, Pereira e Partata, 2013).

### **5.5 Políticas regulatórias e restrições internacionais**

A variação nas concentrações de oxibenzona na Baía de Hanauma, que foram registradas entre 136 e 27.880 ng/L, como mostrado anteriormente na tabela 1, é uma preocupação crescente que está diretamente relacionada ao uso intenso de protetores solares na área, especialmente durante a alta temporada turística (Downs *et al.*, 2022). Este cenário se torna ainda mais crítico considerando a toxicidade da oxibenzona para diversos organismos marinhos, incluindo corais e algas, e os efeitos prejudiciais que pode provocar na saúde dos ecossistemas (Mao *et al.*, 2017; Downs *et al.*, 2022).

Em resposta à crescente evidência dos impactos ambientais da oxibenzona, a legislatura do Estado do Havaí implementou em 2018 uma proibição regulatória que impede a venda e a distribuição de produtos de proteção solar contendo essa substância e o octinoxato, a partir de 1º de janeiro de 2021 (2018 Act 104). Essa legislação foi uma das primeiras de seu tipo nos Estados Unidos e visou proteger os recifes de corais e a biodiversidade marinha local, refletindo a crescente conscientização sobre a poluição causada por filtros solares (Downs *et al.*, 2022).

A proibição foi motivada não apenas pela toxicidade da oxibenzona, mas também pela necessidade de preservar ecossistemas vulneráveis, que já enfrentam pressões devido às mudanças climáticas e à acidificação dos oceanos (Chaves Lopes *et al.*, 2020; Downs *et al.*, 2022). As regulamentações, como a que foi aprovada em Havaí, ilustram um movimento mais amplo para abordar os perigos dos produtos químicos em ambientes marinhos.

O monitoramento contínuo dos níveis de oxibenzona é vital para avaliar a eficácia dessas políticas. A análise pré-proibição e a comparação com amostras coletadas após a implementação da legislação serão cruciais para determinar se a redução das concentrações de oxibenzona ocorre de forma significativa. Além disso, a avaliação dos impactos da poluição por protetores solares em ambientes costeiros deve ser ampliada, uma vez que as regulamentações atuais podem não ser suficientes para garantir a proteção a longo prazo dos recifes de coral (Comissão Europeia, 2019; Downs *et al.*, 2022).

## **5.6 A relação entre a legislação brasileira e os recifes de coral**

Os corais, dentro do contexto de meio ambiente marinho, possuem proteção legal com base em diversos instrumentos legais. A Constituição Federal de 1988, estabelece que, o meio ambiente é um patrimônio comum do povo brasileiro e deve ser preservado para as presentes e futuras gerações. A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), é resultante do compromisso estabelecido na Constituição, fortalecido pela Lei nº 6.938/1981 (De Oliveira, 2023).

Ainda para o autor, a Lei de Crimes Ambientais de nº 9.605/1998, também desempenha um papel crucial na proteção dos recifes de coral. A lei estabelece sanções penais e administrativas para condutas e atividades prejudiciais para o meio ambiente, que age de forma a proibir a destruição destas estruturas, a pesca de espécies ameaçadas de extinção e o lançamento de resíduos no mar.

A Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) é uma unidade de conservação, com o principal objetivo de preservar a diversidade marinha e terrestre local. Criada em 1997, é uma das mais significativas do Brasil e da América do Sul, localizada ao longo da costa de Alagoas e Pernambuco. Esta área abrange cerca de 413.000 hectares e engloba diversos ecossistemas costeiros, que incluem recifes de coral, praias, manguezais e áreas de restinga (Barreira, 2002).

A APACC desempenha um papel fundamental na conservação da biodiversidade marinha e terrestre da região, sendo classificada como uma unidade de conservação que requer a implementação de medidas rigorosas, como a proibição da pesca predatória e a regulamentação do turismo. Além de participar de programas de recuperação de recifes de coral danificados, que utiliza abordagens como o cultivo em viveiros e a instalação de estruturas artificiais, a APACC promove o

desenvolvimento sustentável, o que permite que as comunidades costeiras utilizem os recursos marinhos de maneira responsável. A área também se dedica à educação ambiental, implementando programas que visam aumentar a conscientização sobre a importância dos recifes de coral e dos ecossistemas marinhos (Barreira, 2002).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o assunto seja recente, considerando a análise dos dados sobre as concentrações de oxibenzona e os efeitos provocados por ela e pelo octinoxato, além das novas limitações regulatórias, é crucial que as autoridades persistam na implementação de ações de mitigação e monitoramento dos efeitos das ações humanas nos ecossistemas marinhos. Esta estratégia contribuirá para a manutenção da integridade ecológica de ecossistemas marinhos impactados pela contaminação por filtros solares.

Da mesma forma, estudos científicos sobre novos materiais e tecnologias, como a aplicação de nanopartículas nos filtros físicos, indicam um futuro promissor para o setor de filtros solares. Simultaneamente, é crucial implementar políticas regulatórias e fiscalizações mais estritas e conduzir pesquisas a longo prazo sobre os impactos ambientais dos filtros solares para assegurar que a mudança de produtos mais sustentáveis não prejudique a proteção efetiva contra a radiação UV.

As pesquisas científicas provaram ser eficientes durante toda a realização da revisão bibliográfica deste estudo. Pesquisas como as realizadas por Downs *et. al* (2016; 2022) e outros autores, foram de grande relevância para a confirmação, quantificação e avaliação da presença dos compostos de oxibenzona e octinoxato em regiões litorâneas, bem como seus evidentes danos aos ecossistemas costeiros, particularmente para os recifes de coral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, Flavia Alvim Sant'anna et al. Protetor solar na prescrição dermatológica: revisão de conceitos e controvérsias. **Anais Brasileiros de Dermatologia (Portuguese)**, v. 97, n. 2, p. 204-222, 2022. Disponível em: <https://www.anaisdedermatologia.org.br/pt-protetor-solar-na-prescricao-dermatologica-articulo-S2666275222000030>. Acesso em: 08 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Manual de protetor solar. Brasília: ANVISA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/manual-de-protetor-solar.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC nº 69, de 23 de março de 2016. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0069\\_23\\_03\\_2016.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0069_23_03_2016.pdf). Acesso em: 02 set. 2024.

ART, Wenry W. Dicionário de ecologia e termos ambientais. 1998

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Department of Health. Therapeutic Goods Administration. **Australian regulatory guidelines for sunscreens**. Version 2. Australia, July 2021. Disponível em: <https://www.tga.gov.au/sites/default/files/australian-regulatory-guidelines-for-sunscreens.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022.

BALDERMANN, Cornelia; LORENZ, Sebastian. UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, v. 62, n. 5, p. 639-645, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00103-019-03001-0>. Acesso em: 08 set. 2024.

BALOGH, Tatiana Santana et al. **Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção**. Anais brasileiros de Dermatologia, v. 86, p. 732-742, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abd/a/TY4cpMgMDSMRSkf6XqSxF8f/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BARBIERI, Edison. Oceanos: reguladores do clima do planeta. **Ciência Hoje**, v. 35, n. 206, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Edison-Barbieri/publication/282644031\\_Oceanos\\_reguladores\\_do\\_clima\\_do\\_planeta/links/5bbc7dc64585159e8d8f2b3b/Oceanos-reguladores-do-clima-do-planeta.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Edison-Barbieri/publication/282644031_Oceanos_reguladores_do_clima_do_planeta/links/5bbc7dc64585159e8d8f2b3b/Oceanos-reguladores-do-clima-do-planeta.pdf). Acesso em 18 out. 2024.

BARREIRA, C. C. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2002. Disponível em: [https://demersais.furg.br/images/producao/2002\\_haimovici\\_relatorio\\_conservacao\\_biodiversidade\\_costeira\\_marinha.pdf](https://demersais.furg.br/images/producao/2002_haimovici_relatorio_conservacao_biodiversidade_costeira_marinha.pdf). Acesso em: 26 out. 2024.

BBC. **Porque um país inteiro declarou guerra aos protetores solares.** BBC NEWS, 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-50965118>>. Acesso em: 22 out. 2024.

BELZER, Annika; PARKER, Eva Rawlings. Climate Change, Skin Health, and Dermatologic Disease: A Guide for the Dermatologist. *American Journal of Clinical Dermatology*, v. 24, p. 577–593, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40257-023-00770-y>. Acesso em: 08 set. 2024.

BRANS, R. *et al.* Association between tobacco smoking and prognosis of occupational hand eczema: a prospective cohort study. **British Journal of Dermatology**, [s. l.], v. 171, n. 5, p. 1108-1115, 2014. DOI: 10.1111/bjd.13169. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1111/bjd.13169>. Acesso em: 08 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Recifes de corais*. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/processo-eletronico/item/397-recifes-de-corais.html>. Acesso em: 30 set. 2024.

BRIGHT, C. **Tracking the ecology and climate change.** In: STARKE, L. (Ed.). *State of the world – a Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society*. London: Norton, W.W., 1997. p. 78-94. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2019.0104>. Acesso em: 18 set. 2024.

BROWN, B. E. **Coral bleaching: causes and consequences.** *Coral Reefs*, v. 16, p. 129-138, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003380050249>. Acesso em: 27 set. 2024

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan, 2007. 1098 p. Disponível em: <https://ocondedemontecristo.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/02/invertebrados-brusca-port-cap-a-sumario-e-cap-1.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330999369\\_Invertebrados\\_3rd](https://www.researchgate.net/publication/330999369_Invertebrados_3rd). Acesso em: 17 set. 2024.

BURNETT, M. HU, J. WANG, S. **Sunscreens: obtaining adequate photoprotection.** *Dermatologic therapy*. 2012;25(3):244-51. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22913442/>. Acesso em: 29 set. 2024.

CABRAL, Lorena Dias da Silva; Pereira, Samara de Oliveira; Partata, Anette Kelsei. Filtros solares e fotoprotetores: uma revisão. *Revista Brasileira de Química*, v. 25, n. 2, p. 107-110, 2013. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53736029/447-1610-2-PB-libre.pdf?1499037263=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFiltros\\_solares\\_e\\_fotoprotetores\\_uma\\_rev.pdf&](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53736029/447-1610-2-PB-libre.pdf?1499037263=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFiltros_solares_e_fotoprotetores_uma_rev.pdf&)

Expires=1729644707&Signature=BTtvXyhJoBoq4q7VZTpNwJDA2-8YAvdIKWolbmezITOhhdg5kKckAVwUW4BJEdYnk9s7J18ynFqR~GMuD42wS~vcNxQtSH2MYOjO3HoUhj6cBjEPGpqYPIY3Sda4dfnC1c1Uh4RIWvWOVt0zJ~9rEIFCbbWcqilpli~Vu4wEZtxbUA-goRBB~oefBy2ad1WKsc-OqiBt-C4EtmF2ehuf5s0dCMphoXQqCLzJur6LADpoKoob4ADJeCQtNEIXXLhGV7mAfr9FN6TW3He1I1dwQXzBiaR7XI73pMfcofESkFMUDjD~olpgdkpWIH~0JcBAZwIJV02OWbBFlaQVzUx1Q\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 22 out. 2024.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Biologia Marinha**. 8a ed. Mc Graw Hill, Porto Alegre, p. 461, 2012. Acesso em: 10 set. 2024.

CASTRO, C. B.; ZILBERBERG, C. Recifes brasileiros, sua importância e conservação. Conhecendo os recifes brasileiros: rede de pesquisas coral vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. (Série Livros, 58). p. 17-26.

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) n.º 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de novembro de 2009, relativo a produtos cosméticos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1223>. Acesso em: 25 out. 2024.

COOPER, E. L. *et al.* **Corals and Their Potential Applications to Integrative Medicine. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Los Angeles**, v. 2014, p. 1-9, 2014.

DANOVARO, R. *et al.* **Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections**. Environ Health Perspectives, v. 116, n. 4, p. 441-447, 2008.

DA SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; ROCHA, R. J.; SILVA, S. C. F. **A luz e os filtros solares: uma temática sociocientífica**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, p. 218-241, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/352>. Acesso em: 27 ago. 2024.

DE OLIVEIRA, N. F. A. P. **A visibilidade jurídica dos recifes de corais no nordeste do Brasil em face de seu branqueamento: Desafios e compromissos legais**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, Direito. Disponível em: <https://adelfa-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/77b4cbce-bdaf-4d0e-9a26-458f527e3af2/content>. Acesso em: 26 out. 2024.

DESTEFANI, Marília. **Avaliação da degradação de Benzofenona-3 por processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Química e Biologia bacharelado em química, 2019. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9204/1/CT\\_COQUI\\_2019\\_1\\_20.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9204/1/CT_COQUI_2019_1_20.pdf). Acesso em: 02 set. 2024.

DIFFEY, Brian. Climate change, ozone depletion and the impact on ultraviolet exposure of human skin. Physics in Medicine and Biology, [s. l.], v. 49, n. 1, p. R1-11, jan. 2004. DOI: 10.1088/0031-9155/49/1/R01. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/49/1/R01>. Acesso em: 08 set. 2024.

DINARDO, J. C. et al. **Dermatological and environmental toxicological impact of the sunscreen ingredient oxybenzone/benzophenone3**. Journal of cosmetic dermatology, v. 17, n. 1, p. 15-19, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29086472/> Acesso em: 22 out. 2024

DO NASCIMENTO, Luciano F.; DOS SANTOS, Elisabete P.; DE AGUIAR, Alcino P. Fotoprotetores orgânicos: pesquisa, inovação e a importância da síntese orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 190-223, 2014. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/352/411>. Acesso em: 27 ago. 2024.

DOWNS, C. A. et al. Oxybenzone contamination from sunscreen pollution and its ecological threat to Hanauma Bay, Oahu, Hawaii, U.S.A. Chemosphere, v. 291, n. Pt 2, 1 mar. 2022. Disponível em: <https://hal.science/hal-03440906v1/file/2021%20Oxybenzone%20contamination%20from%20sunscreen%200pollution%20and%20its%20ecological%20threat%20to%20Hanauma%20Bay.pdf>. Acesso em: 26 de out. 2024.

DOWNS, C. A et al. Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. Archives of environmental contamination and toxicology, v. 70, n. 2, p. 265-288, 2016.

DUALE, N. OLSEN, A. CHRISTENSEN, T. et.al. **Octyl methoxycinnamate modulates gene expression and prevents cyclobutane pyrimidine dimer formation but not oxidative DNA damage in UV-exposed human cell lines**. Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology. 2010;114(2):272-84. Disponível em: <https://academic.oup.com/toxsci/article/114/2/272/1672340>. Acesso em: 29 set. 2024.

EKPEGHERE, K. I. et al. Distribution and seasonal occurrence of UV filters in rivers and wastewater treatment plants in Korea. The Science of the total environment, v. 542, n. Pt A, p. 121–128, 15 jan. 2016. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.scitotenv.2015.10.033>. Acesso em: 25 out. 2024.

FALCÃO, Verônica. Conservação dos recifes de coral no Brasil: 25 anos do marco inicial. 2022. Disponível em: <https://peldcom.eco.br/2022/04/01/conservacao-dos-recifes-de-coral-no-brasil-25-anos-do-marco-inicial/>. Acesso em: 29 set. 2024.

FAZZO, Lucia et al. Cancer incidence in Priolo, Sicily: a spatial approach for estimation of industrial air pollution impact. Geospatial Health, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 320, abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/gh.2016.320>. Acesso em: 08 set. 2024.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Sunscreen drug products for over-the-counter human use**. The Daily Journal of The United States Government, Rockville, MD., 84 FR 6204, p. 6204-6275, 2019. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2019-02-26/pdf/2019-03019.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

FLOR et al. **Protetores solares**. Química Nova, Araraquara, v.30, n. 1, 153-8, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3XPvt4JWXMcFg3hrh76CBzv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2024.

GASPAR, L. R.; MAIA CAMPOS, P. M. B. G. Evaluation of the photostability of different UV filter combinations in a sunscreen. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 307, n. 2, p. 123-8, 1/13/ 2006. ISSN 0378-5173. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517305006496>. Acesso em: 29 set. 2024.

GOMES, R. N. da S. et al. Radiação UV, poluição e aquecimento global: O novo paradigma das doenças de pele Disponível em: <https://journalmbr.com.br/index.php/jmbr/article/view/195/154>. Acesso em: 10 set. 2024.

GONÇALVES, Renan de Oliveira. Síntese de ésteres derivados do ácido cinâmico, p-metoxicinâmico e ferúlico e avaliação da citotoxicidade. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/57626/5/2020\\_dis\\_rogon%c3%a7alves.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/57626/5/2020_dis_rogon%c3%a7alves.pdf). Acesso em: 30 set. 2024.

GRANDO, Carolina Chuaste. **Percepção da população sobre o uso de protetores solares em ambiente marinho e avaliação da contaminação por oxibenzona em uma área marinha protegida**. 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/247588>. Acesso em: 27 ago. 2024.

GRANIZO, Patricia Elizabeth Rivas. **Avaliação da fotoestabilidade de acetazolamida e loratadina e da capacidade de fotoproteção de seus complexos com ciclodextrinas**. 2012. Tese (Doutorado em Fármaco e Medicamentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9139/tde-18042013-154107/publico/Tese\\_Doutorado\\_Patricia\\_Elizabeth\\_Rivas\\_Granizo\\_1002012.PDF](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9139/tde-18042013-154107/publico/Tese_Doutorado_Patricia_Elizabeth_Rivas_Granizo_1002012.PDF). Acesso em: 29 set. 2024.

GRIMSDITCH, G. The sunscreen protecting you might be damaging that gorgeous coral reef. *UN Environment*. 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/caution-sunscreen-protecting-you-might-be-damaging-gorgeous-coral-reef>. Acesso em: 22 out. 2024.

GROVER, Sanjiv; RAJESHWARI. Global warming and its impact on skin disorders. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, [s. l.], v. 75, n. 4, p. 337-339, jul./ago. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4103/0378-6323.53127>. Acesso em: 08 set. 2024.

HAYASHIDE, Juliana Midori et al. Doenças de pele entre trabalhadores rurais expostos a radiação solar. Estudo integrado entre as áreas de Medicina do trabalho e Dermatologia. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, São Paulo, v. 8, n. 2,

p. 98-104, 2010. Disponível em:  
<https://cdn.publisher.gn1.link/rbmt.org.br/pdf/v8n2a08.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

HUGHES, T. *et al.* **Coral reefs in the Anthropocene**. Nature, v. 546, n. 7656, p. 82-90, 2017.

HUONG, S. ANDRIEU, V. REYNIER, J. *et.al.* **The photoisomerization of the sunscreen ethylhexyl p-methoxy cinnamate and its influence on the sun protection factor**. J photoch photobio a. 2007;186(1):65-70. Disponível em:  
<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-4d6eaed4-81e6-36fa-a1f8-b0327df5622e>. Acesso em: 27 ago. 2024

ICRP (International Commission on Radiological Protection). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Oxford: Pergamon Press, 2007. Disponível em:  
<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ICRS- INTERNATIONAL CORAL REEF SOCIETY; CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO. Coral reefs and human health. [S. I.], 2020. Disponível em:  
<[https://www.icriforum.org/wp-content/uploads/2020/11/Coral-reefs-human-health\\_DIGITAL-27Nov.pdf](https://www.icriforum.org/wp-content/uploads/2020/11/Coral-reefs-human-health_DIGITAL-27Nov.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2022.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE**. Clima e correntes marítimas. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em:  
[https://www.ibge.gov.br/images/atlas/mapas\\_mundo/mundo\\_clima\\_e\\_correntes\\_maritimas.pdf](https://www.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_mundo/mundo_clima_e_correntes_maritimas.pdf). Acesso em: 18 out. 2024.

KIM, J. Y. U. Degradação de filtros solares selecionados, ureia e desinfecção de água de piscina por fotoeletrocatalise combinada com ozonização. Dissertação de mestrado (Química) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química. Araraquara, 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/17b58060-927b-4433-9bd2-0b1953585bb1/content>. Acesso em: 02 set. 2024.

KIM, S.; CHOI, K. Occurrences, toxicities, and ecological risks of benzophenone-3, a common component of organic sunscreen products: a mini-review. Environment International, Seoul, v. 70, p. 143-157, 2014. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.envint.2014.05.015>. Acesso em: 02 set. 2024.

KOCKLER, J. *et al.* Photostability of sunscreens. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, v. 13, n. 1, p. 91-110, 3// 2012. ISSN 1389-5567. Disponível em:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389556711001043>. Acesso em: 29 set. 2024.

LEÃO, Z. M. A. N. *et al.* **The coral reefs off the coast of Eastern Brazil**. In: INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 6., 1988. Proceedings [...]. Townsville: [s. n.], 1988, v. 3. p. 339-347.

LEÃO, Z. M. A. N. *et al.* **The Bahian coral reefs - from 7000 years BP to 2000 years**

**AD.** *Ciência e Cultura* (SBPC), São Paulo, v. 51, n. 3/4, p. 262-273, 1999.

LEÃO, Z. M. A. N. **Morphology, sedimentology and coral Community of the Abrolhos**

**reefs (Bahia, Brazil).** In: INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 5., 1985, Tahiti. Proceedings [...]. Tahiti: [s. n.], 1985. v. 2. p. 100.

LEÃO, Z. M. A. N. *et al.* **Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis.** *Brazilian Journal of Oceanography, Salvador, Bahia*, v. 64, n. SPE2, p. 97–116, 2016

LEITE, J. O. B.; PEREIRA, B. B. Doenças da pele relacionadas à poluição do ar: uma revisão sistemática. *Revista de Saúde e Ciências Biológicas*, v. 6, n. 1, p. 123-134, 2017.

LI, Miaozhu *et al.* Epidemiological evidence that indoor air pollution from cooking with solid fuels accelerates skin aging in Chinese women. *Journal of Dermatological Science*, [s. l.], v. 79, n. 2, p. 148-154, 2015. DOI: 10.1016/j.jdermsci.2015.04.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2015.04.001>. Acesso em: 08 set. 2024.

LIMA, L. A.; DIAS, S. C (ed.). Produtos naturais provenientes de recifes de coral. In: CASTRO, C. B.; ZILBERBERG, C. *Conhecendo os recifes brasileiros: rede de pesquisas coral vivo*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. (Série Livros, 58), cap. 22, p. 299-310.

LINARDI, F. **Protetor solar: Egípcios e gregos tinham curiosas maneiras de filtrar os raios do sol.** São Paulo, 2009. Disponível em:

<http://historia.abril.com.br/comportamento/protetor-solar-435825.shtml>. Acesso em: 24 set. 2024.

LI, W. *et al.* Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation plant. *Water research*, v. 41, n. 15, p. 3506–3512, 2007. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.watres.2007.05.039>. Acesso em: 26 out. 2024.

LOPES, A. D. **Sol, modo de usar.** São Paulo, 2008. Disponível em:

[http://veja.abril.com.br/160108/p\\_072.shtml](http://veja.abril.com.br/160108/p_072.shtml). Acesso em: 24 set 2024.

LOPES, Fernanda Chaves; CASTRO, Micheli Rosa; BARBOSA, Sergiane Caldas; PRIMEL, Ednei Gilberto; MARTINS, Camila de Martinez Gaspar. Efeito do filtro UV, Benzofenona-3, em biomarcadores do molusco amarelo (*Amarilladesma mactroides*) sob diferentes condições de pH. *Revista de Biologia e Farmácia*, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20305191>. Acesso em: 25 out. 2024.

LOPES, Flavio Marques; DA CRUZ, Reinan de Oliveira; DE ALELUIA BATISTA, Karla. Radiação ultravioleta e ativos utilizados nas formulações de protetores

solares. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 4, p. 183-199, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/260/26029236014.pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

LORIGO, Margarida Ferreira. **Efeitos genómicos do octilmetoxicinamato (OMC) a nível vascular**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior (Portugal). Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6390/1/5782\\_11971.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6390/1/5782_11971.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

LLAMAS-VELASCO, M.; GARCÍA-DÍEZ, A. Climatic Change and Skin: Diagnostic and Therapeutic Challenges. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, [s. l.], v. 101, n. 5, p. 401-410, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1578-2190\(10\)70662-4](https://doi.org/10.1016/S1578-2190(10)70662-4). Acesso em: 08 set. 2024.

MACMANUS-SPENCER, L. TSE, M. KLEIN, J. et. al. **Aqueous photolysis of the organic ultraviolet filter chemical octyl methoxycinnamate**. *Environ Sci Technol*. 2011;45(9):3931-7. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21476541/> Acesso em: 29 set. 2024.

MANASFI, Tarek et al. Degradation of organic UV filters in chlorinated seawater swimming pools: transformation pathways and bromoform formation. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 23, p. 13580-13591, 2017. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b02624>. Acesso em: 03 set. 2024.

MAO, F.; HE, Y.; KUSHMARO, A.; GIN, K. Y. H. Effects of benzophenone-3 on the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* and the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Chemosphere*, [S. l.], v. 190, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166445X17302771>. Acesso em: 25 out. 2024.

MINASSA, Helena de Menezes. Identificação e avaliação de absorção dérmica de subprodutos de degradação por cloração da oxibenzona. 2023. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/5931/6/MONOGRAFIA\\_Identificacao%20Avalia%20Absorcao.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/5931/6/MONOGRAFIA_Identificacao%20Avalia%20Absorcao.pdf). Acesso em: 03 set. 2024.

NARCHI, N. E. **A praia onde aprendi a mergulhar: desapropriação marinha e perda de conhecimento holístico em escala local**. *Revista de Educação Ambiental*, v. 24, n. 1, 2019. ISSN 1413-8638, E-ISSN 2238-5533. DOI: 10.14295/ambeduc.v24i2.9481

NOAA. **Effects of sunscreen on coral reefs**. *National Oceanic and Atmospheric Administration*, 2021. Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/news/sunscreen-coral.html#:~:text=Overall%20the%20study%20found%20that,in%20chemical%20sunscreen%20is%20needed>. Acesso em: 17 set. 2024.

PALM, Melanie D.; O'DONOGHUE, Marianne N. Update on photoprotection. *Dermatologic Therapy*, v. 20, p. 360-376, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1529-8019.2007.00150.x>. Acesso em: 15 ago. 2024.

PARKER, Eva Rawlings; MO, Jessica; GOODMAN, Rachel S. The dermatological manifestations of extreme weather events: A comprehensive review of skin disease and vulnerability. *Journal of Climate Change and Health*, [s. l.], v. 8, p. 100162, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100162>. Acesso em: 08 set. 2024.

PEGORARO, C. CHIAPPERO, M. MONTEJANO, H. **Measurements of octanol-air partition coefficients, vapor pressures and vaporization enthalpies of the (E) and (Z) isomers of the 2-ethylhexyl 4-methoxycinnamate as parameters of environmental impact assessment.** *Chemosphere*. 2015; 138:546-52. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653515007559>. Acesso em: 29 set. 2024.

PEREIRA, Boscolli Barbosa et al. Biomonitoring air quality during and after a public transportation strike in the center of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil by Tradescantia micronucleus bioassay. *Environmental Science and Pollution Research International*, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 3680-3685, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2335-0>. Acesso em: 08 set. 2024.

PORTO, Gisele Elias de Lima. **Responsabilidade pela poluição marinha.** *Revista CEJ*, Brasília, n. 12, p. 51-57, set./dez. 2000. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/211927357.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

PUGLIA, C. DAMIANI, E. OFFERTA, A. et al. **Evaluation of nanostructured lipid carriers (NLC) and nanoemulsions as carriers for UV-filters: characterization, in vitro penetration and photostability studies.** *European journal of pharmaceutical sciences: official journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences*. 2014; 51:211-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928098713004053>. Acesso em: 29 set. 2024.

RIBEIRO, R. P. Desenvolvimento e validação da metodologia de análise do teor de filtros solares e determinação do FPS in vitro em formulações fotoprotetoras comerciais. 2004. 92 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/59/teses/647378.pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

SANCHEZ, A. T. et al. **Sunscreen Products as Emerging Pollutants to Coastal Waters.** *PLOS ONE*, v. 8, n. 6, p. e65451, 2013.

SANTOS, Sandra Oliveira; SOBRINHO, Raimaria Rodrigues; DE OLIVEIRA, Thainara Alves. Importância do uso de protetor solar na prevenção do câncer de pele e análise das informações desses produtos destinados a seus usuários. *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 6, n. 3, p. 279-285, 2018. Disponível

em: <https://unichristus.emnuvens.com.br/jhbs/article/view/1913/701>. Acesso em: 08 set. 2024

SCHNEIDER S, DECKARDT K, HELLWIG J, et al. **Octyl methoxycinnamate: two generation reproduction toxicity in Wistar rats by dietary administration**. Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 2005;43(7):1083-92. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691505000773>. Acesso em: 29 set. 2024.

SCIENTIFIC COMMITTEE ON CONSUMER SAFETY (SCCS). 2021. Opinion on benzophenone-3. European Commission. Disponível em: [https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/scientific\\_committees/consumer\\_safety/docs/sccs\\_o\\_247.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_247.pdf). Acesso em: 27 ago. 2024.

SCABIN, Denise; AGUIRRE, Cibele. **Meio ambiente**. Portal de Educação Ambiental. Disponível em: [https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/meio-ambiente/#:~:text=Meio%20ambiente%20\(ou%20apenas%20meio,em%20todas%20as%20suas%20formas](https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/meio-ambiente/#:~:text=Meio%20ambiente%20(ou%20apenas%20meio,em%20todas%20as%20suas%20formas). Acesso em: 30 set. 2024.

SERPONE et al, **Inorganic and organic UV filters: Their role and efficacy in sunscreens and sun care products**. Inorganica Chimica Acta .794–802. 2007. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.ica.2005.12.057>. Acesso em: 6 ago. 2024.

SHAATH, N.A. (2010) **Ultraviolet Filters. Photochemical & Photobiological Sciences**, No. 4, 405-616. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1039/b9pp00174c>. Acesso em 02 set. 2024.

SPINNAKER. *Da oxibenzona ao octinoxato: produtos químicos nocivos em protetores solares e seu impacto nos recifes de coral*. Disponível em: <https://www.spinnaker-watches.com.br/blogs/novidades/da-oxibenzona-ao-octinoxato-produtos-quimicos-nocivos-em-protetores-solares-e-seu-impacto-nos-recifes-de-coral>. Acesso em: 30 set. 2024.

STEFFEN, Carlos Alberto; SOLAR, RADIAÇÃO. Introdução ao sensoriamento remoto. **Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais—INPE, São José dos Campos São—SP. Available online: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm> (accessed on 26 August 2021)**, 2011. Disponível em: [http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/disciplinas/sensoriamento/pos/download/apostila\\_sensoriamento.pdf](http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/disciplinas/sensoriamento/pos/download/apostila_sensoriamento.pdf). Acesso em: 27 ago. 2024.

SOARES, Wesley Andersson Costa. **Branqueamento de corais em recifes de corais e ambientes recifais brasileiros: uma revisão**. Cuité-PB: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/33205>. Acesso em: 25 set. 2024.

SOUZA, T. P. **Efeito da acidificação da água do mar: um estudo de mesocosmo com a nematofauna de Recifes de Coral.** Recife/PE, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/24324>. Acesso em 17 set. 2024.

SOUZA, Motauri Ciocchetti. Meio ambiente. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direito Penal. Christiano Jorge Santos (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/422/edicao-1/meio-ambiente>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SOUZA, V. M. Controle da exposição solar. In: ATIVOS DERMATOLÓGICOS: Guia de ativos dermatológicos utilizados na farmácia de manipulação, para médicos e farmacêuticos. São Paulo: Tecnopress, 2010. p. 36-52.

SUSANA, M. **Fotoproteção – Sua história.** São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.sbdba.org.br/pdf/fotoprotecao.Pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

TEMPERINI, A. **Sundown: História da marca.** 2007. Disponível em: <http://aletp.com/2007/01/24/sundown/>. Acesso em: 24 set. 2024.

TØNNESEN, H. H. PHOTOSTABILITY OF DRUGS AND DRUG FORMULATIONS. Second Edition - 52.pdf. Second. London, England: 2014. Disponível em: <https://channel.gimitec.com/sites/default/files/52.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

TSUI, M. M. P. et al. Occurrence, distribution and ecological risk assessment of multiple classes of UV filters in surface waters from different countries. *Water research*, v. 67, p. 55–65, 18 set. 2014. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.watres.2014.09.013>. Acesso em 25 out. 2024.

UBNTBR. Como o sinal WiFi é propagado na natureza. *Medium*, 11 abr. 2018. Disponível em: <https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>. Acesso em: 08 set. 2024.

UFPE. Revisão bibliográfica: malefícios causados pela oxibenzona aos recifes de corais. *UFPE*. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48221?mode=full>. Acesso em: 22 out. 2024.

VERHOEVEN, J. W. **Commission on photochemistry. Glossary of terms used in photochemistry (IUPAC Recommendations 1996).** *Pure and Applied Chemistry*, v.68, n.12, p.2223-2286, 1996. Disponível em: <https://old.iupac.org/publications/pac/1996/pdf/6812x2223.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

VILA JATO, J.L. Tecnología farmacêutica: aspectos fundamentales de los sistemas farmacêuticos y operaciones básicas. Madrid: Síntesis, 2001. v.1, p.57-67. Disponível em: <https://toaz.info/doc-view-3>. Acesso em: 29 set. 2024.

VUCKOVIC, D.; et al. Sunscreen and coral reefs: Is oxybenzone a threat? *Medical News Today*. 2023. Disponível em:

<https://www.medicalnewstoday.com/articles/oxybenzone-in-sunscreen-what-experts-think-of-its-effects-on-coral-reefs>. Acesso em: 22 out. 2024.

VUCKOVIC, D.; et al. **Oxybenzone and its phototoxicity in marine organisms**. *Science*, v. 363, n. 6426, p. 1234-1237, 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abn2600>. Acesso em: 17 set. 2024.

WATSON, M.; Holman, D. M.; Maguire-Eisen, M. **Ultraviolet radiation exposure and its impact on skin cancer risk**. *Seminars in Oncology Nursing*, v. 32, n. 3, p. 241-254, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2016.05.005>. Acesso em: 08 set. 2024.

WANG J, PAN L, WU S, et al. **Recent Advances on Endocrine Disrupting Effects of UV Filters**. *International journal of environmental research and public health*. 2016;13(8). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4997468/> Acesso em: 29 set. 2024.

WILKINSON, C. (ed.). *Status of coral reefs of the world: 2008*. Australia: Global Coral Reef Monitoring Network, [2008].

WNUK, Weronika et al. Benzophenone-3, a chemical UV-filter in cosmetics: is it really safe for children and pregnant women?. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*, v. 39, n. 1, p. 26-33, 2022. Disponível em: <https://www.termedia.pl/Benzophenone-3-a-chemical-UV-filter-in-cosmetics-r-nis-it-really-safe-for-children-and-pregnant-women-,7,46431,1,1.html>. Acesso em: 27 ago. 2024.

WOOD, E. **Impacts of Sunscreens on Coral Reefs**. Report by the International Coral Reef Initiative, 2018. p. 1–21. Disponível em: [https://crm.gov.mp/wp-content/uploads/crm/ICRI\\_Sunscreen\\_0.pdf](https://crm.gov.mp/wp-content/uploads/crm/ICRI_Sunscreen_0.pdf) Acesso em: 27 out. 2024.

WWF-BRASIL. **Ações de recuperação de corais são ampliadas no Nordeste brasileiro**. 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?84600/Acoes-de-recuperacao-de-corais-sao-ampliadas-no-Nordeste-brasileiro#:~:text=Mesmo%20com%20as%20dificuldades%20impostas,e%20replic%C3%A1vel%E2%80%9D%2C%20refor%C3%A7a%20Nora>. Acesso em: 29 set. 2024.