

FILTROS SOLARES, SAÚDE HUMANA E PROTEÇÃO DOS ECOSSISTEMAS MARINHOS: ENTRE A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO E OS DESAFIOS AMBIENTAIS

DIANA BORDALO¹, AMADEU M.V.M. SOARES¹, INNA SOKOLOVA^{2,3}, CARLO PRETTI⁴, ROSA FREITAS^{1*}

* rosafreitas@ua.pt

1 Departamento de Biologia & CESAM, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

2 Department of Marine Biology, Institute for Biological Sciences, University of Rostock, Rostock, Germany

3 Department of Maritime Systems, Interdisciplinary Faculty, University of Rostock, Rostock, Germany

4 Interuniversity Consortium of Marine Biology of Leghorn "G. Bacci", 57128 Livorno, Italy

RESUMO

A exposição solar pode trazer benefícios importantes para a saúde humana, no entanto, uma exposição prolongada propicia danos na pele, envelhecimento precoce e aumento do risco de cancro da pele, o que justifica o uso de medidas de fotoproteção, incluindo protetores solares e outros cuidados. Nos últimos anos, a utilização destes produtos aumentou significativamente, impulsionada não só pela preocupação com a saúde, mas também por hábitos de consumo e padrões estéticos. Estes produtos contêm filtros ultravioleta (UV), que protegem a pele da radiação solar. Contudo, uma parte destes acaba por chegar aos rios, estuários e oceanos, onde pode persistir, acumular-se

nos organismos e afetar diferentes espécies. Este artigo apresenta a relação entre a radiação UV, a importância da fotoproteção e os impactos ambientais associados aos filtros UV, com foco especial nos ecossistemas estuarinos, costeiros e marinhos. Ao mesmo tempo, pretende reforçar a ideia de que proteger a saúde humana e o ambiente não são objetivos incompatíveis, mas, pelo contrário, uma proteção verdadeiramente sustentável deve considerar ambos.

PALAVRAS-CHAVE

Bioacumulação, bioindicadores, biomagnificação, disruptor endócrino, filtros ultravioleta, toxicidade, xenobiótico.

CITAÇÃO RECOMENDADA Bordalo D, Soares AMVM, Sokolova I, Pretti, C, Freitas R (2025). Filtros solares, saúde humana e proteção dos ecossistemas marinhos: Entre a necessidade de proteção e os desafios ambientais. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 58-73.



ABSTRACT

Sun exposure can have significant health benefits, however, prolonged exposure can cause skin damage, premature ageing and an increased risk of skin cancer, which justifies the use of sun protection measures, including sunscreens and other protective procedures. In recent years, the use of these products has increased significantly, driven not only by health concerns but also by consumer habits and aesthetic standards. These products contain ultraviolet (UV) filters, which protect the skin from solar radiation. Nevertheless, some of these end up in rivers, estuaries, and oceans, where they

can persist, accumulate in organisms, and affect different species. This article examines the relationship between UV radiation, the importance of sun protection, and the environmental impacts associated with UV filters, with a particular focus on estuarine, coastal, and marine ecosystems. At the same time, it seeks to reinforce the idea that protecting human health and the environment is not an incompatible objective; on the contrary, truly sustainable protection must take both into account.

KEYWORDS

Bioaccumulation, bioindicators, biomagnification, endocrine disruptor, ultraviolet filters, toxicity, xenobiotic.

1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E SAÚDE HUMANA

A radiação solar é essencial à vida na Terra, no entanto, a sua relação com a saúde humana é complexa. Em níveis moderados, a exposição solar pode ter efeitos benéficos, nomeadamente por contribuir para a síntese de vitamina D e de endorfinas associadas ao bem-estar (D'Orazio *et al.* 2013). Ainda assim, a exposição prolongada ou excessiva à radiação ultravioleta (UV) continua a ser uma preocupação relevante para a saúde pública.

Entre os vários tipos de radiação emitidos pelo Sol, a radiação UV merece particular atenção devido à sua capacidade de interagir diretamente com a pele. Esta classifica-se em radiação UVA (315 a 400 nm), de maior comprimento de onda, UVB (280 a 315 nm) e UVC (100 a 280 nm), de menor comprimento de onda (Kciuk *et al.* 2020). No entanto, a radiação UVC é maioritariamente absorvida pela camada de ozono, pelo que as radiações UVA e UVB são as que predominam à superfície terrestre, apesar de serem parcialmente absorvidas, refratadas ou refletidas pela atmosfera. Devido ao maior comprimento de onda da radiação UVA, ela tem a capacidade de penetrar camadas mais profundas da pele, atingindo a derme. Por sua vez, a radiação UVB atinge principalmente a epiderme, embora alguns raios possam alcançar a derme.

A exposição prolongada a ambas as radiações, UVA e UVB, mas sobretudo à UVB, pode induzir alterações cutâneas, nomeadamente irritações, envelhecimento precoce da pele, doenças e um maior risco de cancro da pele (Young *et al.* 2017).

A sensibilidade à radiação UV não é a mesma em todas as pessoas. O tipo de pele, de acordo com a escala de Fitzpatrick, influencia a suscetibilidade aos danos causados pelo sol (Zou *et al.* 2022). As peles mais claras são mais propensas ao desenvolvimento de complicações associadas a doenças de pele devido à maior presença de feomelanina, que provisiona uma pigmentação mais clara, e devido à menor presença de eumelanina, que confere uma pigmentação mais escura e uma maior fotoproteção, sendo assim mais sensíveis à radiação UV. Por esse motivo, a prevenção continua a ser a medida mais eficaz, que passa por evitar a exposição solar nas horas de maior intensidade, procurar sombra, usar vestuário adequado, como chapéus e roupas fotoprotetoras, e utilizar protetores solares sempre que possível.

2 PRODUTOS DE CUIDADO PESSOAL E FILTROS ULTRAVIOLETA

A preocupação crescente em evitar o envelhecimento precoce, doenças e cancro da pele, acrescida às tendências e padrões de beleza e ao impacto da influência das redes sociais, tem promovido um maior consumo de produtos de cuidado pessoal (PCPs), que fazem parte da rotina diária do ser humano, tendo recebido especial atenção nos últimos anos. Desta forma, os PCPs, como é o caso dos protetores solares, contêm filtros UV que oferecem proteção contra a radiação UV solar. Os filtros UV também estão presentes em outros PCPs, nomeadamente cremes de rosto, maquilhagem, perfumes, champôs e desodorizantes, oferecendo não só propriedades fotoprotetoras, mas também estabilidade química dos restantes componentes, reforçando a resistência à degradação e contribuindo para o aumento da durabilidade dos PCPs face à exposição à luz (Mancuso *et al.* 2017; Sharifan 2020). Adicionalmente, os PCPs podem conter mais do que um filtro UV, de forma a garantir uma proteção contra uma gama mais ampla de radiação UV para uma maior eficácia; muitas vezes, são usados em combinação, contribuindo para estabilizar as formulações e aumentar a durabilidade dos produtos quando expostos à luz. De forma simplificada, os filtros UV podem ser divididos em dois grandes grupos:



- **Filtros inorgânicos** (ou minerais) que atuam sobretudo à superfície da pele, formando uma barreira física que absorve, refrata ou reflete a radiação UV;
- **Filtros orgânicos** (frequentemente designados como químicos) que absorvem a radiação UV e a convertem em energia térmica ou em radiação de baixa energia, que é dissipada.

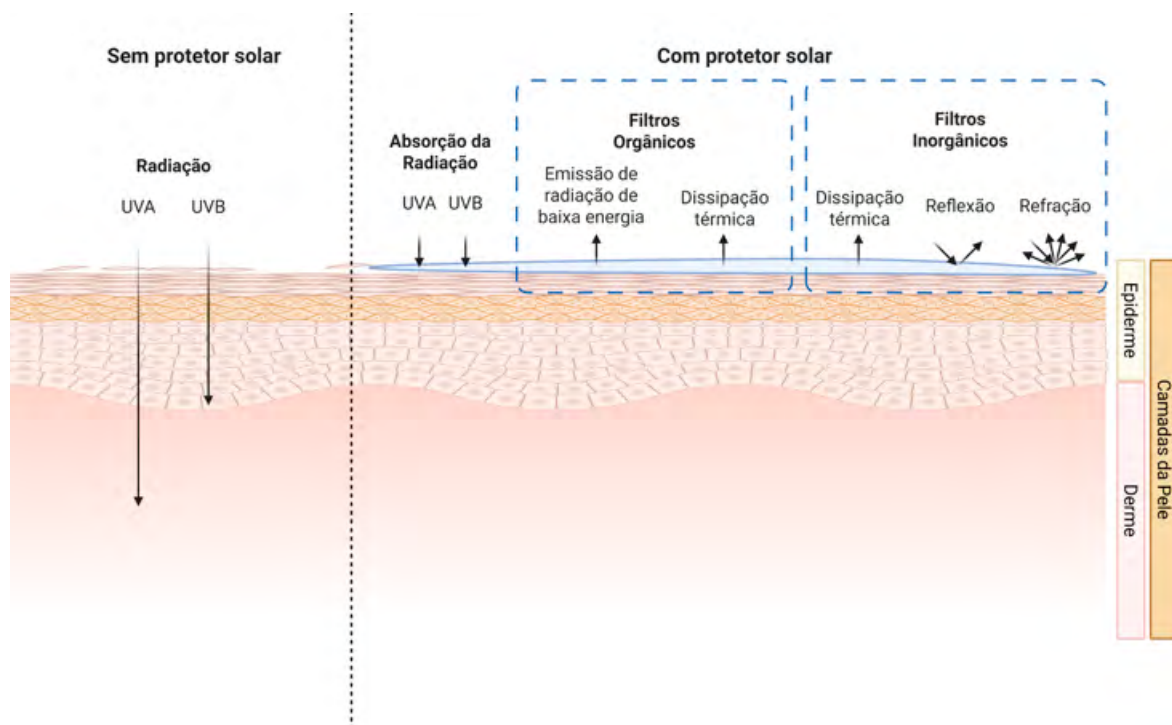


FIGURA 1 Ação da radiação ultravioleta nas camadas da pele, antes e após a aplicação de protetores solares. Criado com recurso ao BioRender. Bordalo D (2026). <https://BioRender.com/fgsyiwa>

Na União Europeia, a Comissão Europeia e a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA) são as entidades reguladoras destes produtos nos PCPs. Antes de poderem ser usados em PCPs, os filtros UV necessitam da aprovação do Comité Científico da Segurança dos Consumidores (CCSC) e do registo no âmbito da Legislação de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos (EU REACH) da União Europeia. De acordo com o Anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1223/2009, na lista de filtros UV aprovados, existe uma concentração máxima permitida nos produtos, com base em estudos de toxicidade. Assim sendo, a concentração máxima permitida de alguns filtros UV é de 10%, ou seja, no caso de um protetor solar, este pode conter apenas 10 g desses filtros num peso total de 100 g do produto final. A concentração máxima permitida mais alta de 25% aplica-se aos filtros inorgânicos de dióxido de titânio e óxido de zinco, sendo que para os filtros orgânicos, o

drometrizole trisiloxane é permitido a uma concentração máxima de 15% e a concentração máxima mais baixa permitida é referente ao filtro orgânico benzofenona-3, também denominado de oxibenzona com 0,5%. Em particular, os filtros ecamsule, octinoxato e octocrileno são permitidos em PCPs a uma concentração máxima de 10%. Ainda assim, o facto de uma substância ser considerada segura para o uso humano em determinadas concentrações não implica, necessariamente, que esteja isenta de impactos ambientais quando libertada no meio aquático. Este é um ponto central da discussão atual: um produto pode ser eficaz e seguro para o consumidor, mas ainda assim suscitar preocupações ambientais quando utilizado em larga escala.

3 COMO OS FILTROS UV CHEGAM AO AMBIENTE AQUÁTICO? PRESENÇA EM ECOSSISTEMAS DE TRANSIÇÃO, COSTEIROS E MARINHOS

Depois de aplicados na pele, os filtros UV podem entrar no ambiente de forma direta ou indireta (Abid *et al.* 2022). A entrada direta ocorre, por exemplo, durante atividades balneares e recreativas, quando parte do produto se liberta no mar, em rios ou em zonas costeiras durante o banho ou a natação. Já a entrada indireta ocorre no quotidiano, através do banho em casa, da lavagem do rosto ou da roupa. Nesses casos, os filtros são transportados pelas águas residuais até às Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs). No entanto, estas infraestruturas nem sempre conseguem remover totalmente este tipo de substâncias (Cabeza *et al.* 2012; Teijon *et al.* 2010). Como resultado, alguns filtros UV acabam por atingir estuários, zonas costeiras e ecossistemas marinhos, sendo detetados em amostras de água, sedimentos e organismos. A sua presença é mais elevada em locais com:

- Forte afluência turística;
- Uso recreativo intenso;
- Maior densidade populacional;
- Proximidade a áreas urbanas ou emissários;
- Maior pressão costeira.

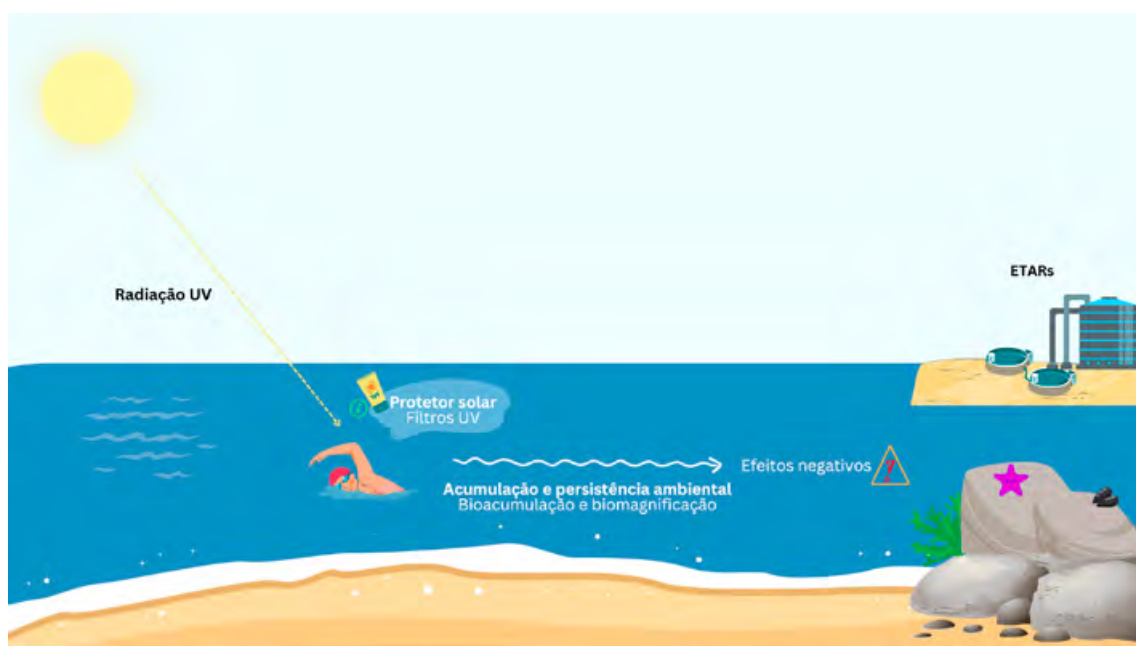


FIGURA 2 Entrada dos filtros UV no meio ambiente.

Além disso, a sua ocorrência frequentemente apresenta um padrão sazonal, com concentrações mais elevadas nos meses de verão, coincidindo com os períodos de maior uso de protetores solares e de maior presença humana nas áreas balneares.

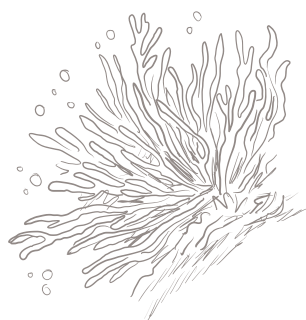
Os valores mais altos detetados em amostras de água localizam-se nas unidades de mg/L, e, em amostras de sedimento, nas centenas de µg/L. Na praia de Santo Antônio de Lisboa, no Brasil, foram quantificados $5,37 \pm 1,5$ mg/L de octocrileno (OC) em amostras de água. Em amostras de sedimento, quantificaram-se 539,5 µg/L de 4-metilbenzilideno cânfora (4-MBC) na praia da Região Média da Pomerânia, na Polónia (Magrin *et al.* 2025; Marcin & Aleksander 2023). Em Portugal, os níveis mais elevados de filtros UV foram detetados numa concentração de 633 ng/L de sulisobenzona (BP-4) na Praia de Paço d'Arcos, em Lisboa (Mozas-Blanco *et al.*, 2023). Quanto ao sedimento, foram quantificados na praia de Matosinhos, Porto, 373 ± 17 ng/g de OC. Estes valores mais elevados poderão estar associados a uma maior atividade turística e à proximidade a emissários submarinos. Há uma evidência clara de que os filtros UV estão presentes em vários ecossistemas aquáticos, incluindo zonas costeiras, estuários e áreas marinhas sujeitas a intensa atividade humana e pressão turística. Mais do que a simples deteção, importa sublinhar que a presença contínua destes compostos no ambiente levanta questões sobre:

- Persistência no meio aquático;
- Capacidade de acumulação em sedimentos;
- Exposição nos organismos marinhos;
- Efeitos na biodiversidade.

4 BIOACUMULAÇÃO NOS ORGANISMOS

Uma das principais preocupações associadas a alguns filtros UV, sobretudo os orgânicos, é a capacidade de bioacumulação na biota. Muitos destes compostos apresentam afinidade com tecidos, o que favorece a sua retenção em diferentes espécies. No meio aquático, os organismos podem estar expostos aos filtros UV desde fases muito precoces do ciclo de vida, como ovos, embriões e larvas, e através do uso da água na alimentação e na renovação do oxigénio. Adicionalmente, pode ocorrer a biomagnificação dos contaminantes, isto é, a concentração dos filtros UV aumenta em níveis superiores da cadeia trófica. A acumulação de filtros UV já foi descrita em vários grupos de organismos marinhos, incluindo:

- Microrganismos;
- Plantas marinhas;
- Bivalves;
- Crustáceos;
- Equinodermes;
- Cnidários;
- Peixes;
- Aves;
- Mamíferos marinhos.



Os níveis mais elevados de filtros UV na biota marinha foram detetados na macrófita *Cymodocea nodosa*, $19,369 \pm 0,566 \mu\text{g/g}$ (OC), recolhida na Playa del Inglés em Espanha, no fígado de bacalhaus, *Gadus morhua*, $11,875 \mu\text{g/g}$ (OC) de Oslofjord, Noruega, e em fetos da espécie de golfinhos *Pontoporia blainvillei*, $11,13 \mu\text{g/g}$ (OC) amostrados na costa do Brasil (Alonso et al. 2015; Caden-Aizaga et al. 2022; Langford et al. 2015). Em Portugal, foram quantificados até $3,992 \text{ ng/g}$ de OC na espécie de mexilhão mediterrânico *Mytilus galloprovincialis* e $181,8 \text{ ng/g}$ FW de octinoxato (EHMC) nas espécies de bivalves *M. galloprovincialis* e *Mytilus edulis* (Castro et al. 2018; Picot Groz et al. 2014).



Uma das principais preocupações associadas a alguns filtros UV, sobretudo os orgânicos, é a capacidade de bioacumulação na biota. Muitos destes compostos apresentam afinidade com tecidos, o que favorece a sua retenção em diferentes espécies.”

5 IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE MARINHA

A presença de filtros UV no ambiente aquático não significa que todos os organismos sofram danos imediatos. No entanto, um número crescente de estudos mostra que estes filtros podem provocar efeitos subletais, isto é, alterações que não causam morte imediata, mas afetam o funcionamento normal dos organismos e podem ter consequências importantes ao longo do tempo. A exposição aos filtros UV pode superar a capacidade natural de defesa dos organismos, contribuindo para situações de stress fisiológico e desequilíbrio celular, comprometendo a viabilidade e a sobrevivência desses organismos. Entre os efeitos mais estudados encontram-se:

- Alterações no crescimento;
- Qualidade dos gâmetas e perturbações na reprodução;
- Alterações comportamentais;
- Stress oxidativo;
- Danos celulares;
- Alterações em tecidos e órgãos.

No seu conjunto, as metodologias utilizadas na toxicologia são ferramentas úteis e essenciais para a deteção e avaliação precoce de alterações nos indivíduos que, no futuro, poderão interferir ou comprometer a sua sobrevivência. Importa salientar que os organismos mais jovens ou em fases iniciais de desenvolvimento são mais vulneráveis. O mesmo acontece com espécies que libertam os seus gâmetas diretamente na coluna de água, o que leva à fertilização externa e aumenta a probabilidade de interferência no sucesso reprodutivo e no desenvolvimento.



A exposição aos filtros UV pode superar a capacidade natural de defesa dos organismos, contribuindo para situações de stress fisiológico e desequilíbrio celular, comprometendo a viabilidade e a sobrevivência desses organismos.”

6 BIVALVES ENQUANTO BIOINDICADORES

Os seres vivos designados como bioindicadores possuem características específicas, tais como uma vasta distribuição, fácil recolha e manutenção *ex situ* (fora do seu habitat natural), elevada sensibilidade a alterações externas, bem como respostas biológicas bem definidas e estudadas, o que permite uma avaliação mais acessível dos efeitos e das respostas a condições de stress (Wagner & Boman, 2004). Espécies que desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, com relevância socioeconómica e grande importância na gastronomia, tais como bivalves, são frequentemente utilizados para estudos de toxicidade, devido às características mencionadas anteriormente e uma vez que possuem a capacidade de filtração. Os bivalves assumem, assim, um papel central na investigação ecotoxicológica e na monitorização ambiental. Nos ecossistemas costeiros, os bivalves contribuem para a filtração da água, a reciclagem de nutrientes e a manutenção do equilíbrio ecológico. Quando a sua saúde é comprometida, não está em causa apenas a espécie em si, mas também as funções ecológicas que desempenha. Por isso, ao estudarmos o impacto dos filtros UV nestes organismos, conseguimos detetar sinais precoces de alterações que podem afetar todo o ecossistema.

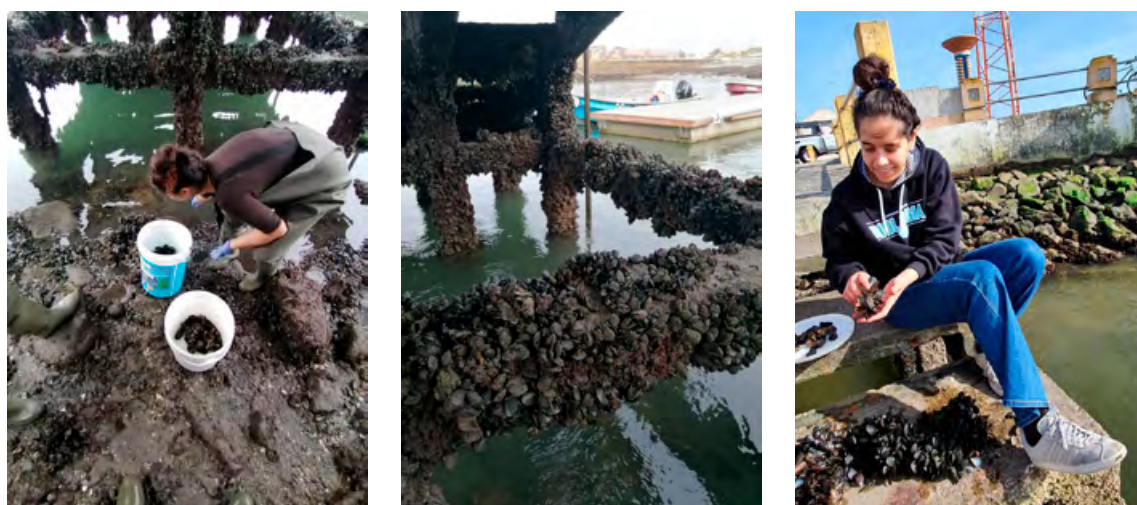


FIGURA 3 Saídas de campo para a apanha de espécimes do mexilhão-mediterrânico (*Mytilus galloprovincialis*) na Ria de Aveiro, Portugal.

7 O QUE OS ESTUDOS NOS DIZEM SOBRE OS EFEITOS NOS BIVALVES?

De forma geral, o estudo dos efeitos toxicológicos dos filtros UV foca-se nas concentrações mínimas que causam um determinado efeito, utilizando, muitas vezes, ordens de magnitude muito superiores às dos valores detetados no ambiente. É, por isso, importante estudar os efeitos de concentrações ambientalmente relevantes, mimetizando cenários mais realistas. As metodologias *in vitro* permitem uma análise preliminar dos efeitos toxicológicos utilizando menos espécimes, possibilitando a avaliação dos efeitos da exposição a múltiplos filtros UV de uma forma mais rápida e eficaz, reduzindo os gastos e os recursos necessários. A análise dos tecidos permite perceber se os poluentes estão a afetar estruturas essenciais ao funcionamento dos organismos. Nos bivalves, dois órgãos são particularmente importantes:

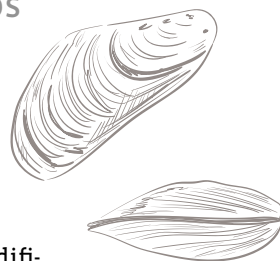
- Brânquias – responsáveis pelas trocas gasosas e filtração da água, sendo a primeira superfície de contacto com o meio aquático;
- Glândula digestiva – envolvida na digestão e na destoxificação de xenobióticos.



FIGURA 4 Anatomia interna do mexilhão *Mytilus galloprovincialis*.



As metodologias *in vitro* permitem uma análise preliminar dos efeitos toxicológicos utilizando menos espécimes, possibilitando a avaliação dos efeitos da exposição a múltiplos filtros UV de uma forma mais rápida e eficaz, reduzindo os gastos e os recursos necessários.”



Quando estas estruturas sofrem alterações, o organismo pode ter mais dificuldade em respirar, alimentar-se, processar poluentes e manter o seu equilíbrio fisiológico. A longo prazo, isso pode traduzir-se num menor crescimento e numa menor resistência ao stress, comprometendo a sua sobrevivência. A exposição *in vitro* das frações celulares das brânquias e da glândula digestiva da espécie *M. galloprovincialis* durante 30 min a filtros UV (a concentrações ambientalmente relevantes – 50, 500 e 5000 ng/L) levou a alterações nos seus mecanismos biológicos de defesa, danos celulares e disrupção da neurotransmissão (Bordalo *et al.*, 2025). De forma geral, a atividade das defesas biológicas e os danos celulares são mais acentuados na glândula digestiva do que nas brânquias, o que pode ser explicado pelo papel fundamental da glândula digestiva nos processos de eliminação de xenobióticos.

Ao nível das células e das respostas bioquímicas, pode ocorrer stress oxidativo, caracterizado por uma produção excessiva de moléculas reativas (espécies reativas de oxigénio – ROS). Desta forma, há maiores gastos energéticos alocados à defesa dos organismos e à sua sobrevivência e uma redução da energia disponível para funções essenciais, como o crescimento e a reprodução. Neste sentido, os sistemas biológicos de defesa podem ser ativados para manter a homeostasia celular. No entanto, condições de stress mais acentuadas poderão levar à inibição dos mecanismos de defesa, resultando em danos nas membranas celulares devido ao stress oxidativo. Após a exposição *in vivo* de indivíduos adultos de *M. galloprovincialis* a 10, 100 e 1000 ng/L de oxibenzona (BP-3) durante 28 dias, observaram-se alterações no nível da capacidade metabólica, das reservas energéticas e das defesas biológicas na concentração intermédia (Bordalo *et al.*, 2020). Por sua vez, na concentração mais elevada ocorreram danos celulares, o que poderá estar relacionado com a ausência de alterações quanto às defesas biológicas.

A reprodução é uma das etapas mais sensíveis à presença de poluentes. Em muitas espécies marinhas, a fertilização ocorre externamente, o que significa que os gametas são libertados na água e ficam diretamente expostos aos poluentes. Se os espermatozoides ou os óvulos forem afetados, o sucesso reprodutivo pode diminuir. A exposição de gametas de *M. galloprovincialis* a 0,1, 1 e 10 µg/L de avobenzona (AVO) conduziu a uma diminuição da viabilidade celular e da mobilidade dos espermatozoides, alterações na atividade metabólica e danos no material genético, principalmente a concentrações mais elevadas (Bordalo et al., 2022). Todos estes impactos podem traduzir-se numa menor probabilidade de fertilização e de desenvolvimento normal. Alterações na reprodução podem, ao longo do tempo, conduzir ao enfraquecimento das populações.



FIGURA 5 Alterações observadas na espécie *Mytilus galloprovincialis* após exposição a concentrações ambientalmente relevantes de filtros ultravioleta. Criado com recurso ao BioRender. Bordalo D (2026). <https://BioRender.com/odc6lza>



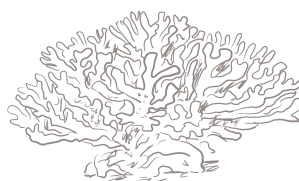
Condições de stress mais acentuadas poderão levar à inibição dos mecanismos de defesa, resultando em danos nas membranas celulares devido ao stress oxidativo.”

8 REGULAMENTAÇÃO E RESTRIÇÕES

A crescente evidência científica sobre os efeitos ambientais de alguns filtros UV tem motivado a imposição de restrições em territórios insulares e em zonas particularmente sensíveis. Foram implementadas medidas restritivas ou proibições relativas a determinados compostos, sobretudo em contextos associados à proteção de recifes de coral e de ecossistemas costeiros vulneráveis, devido ao branqueamento de corais induzido pela exposição a filtros UV. A primeira proibição ocorreu nas ilhas da República do Palau, em janeiro de 2020, relativa aos filtros UV BP-3, EHMC, OC e 4-MBC. No mesmo ano, o uso de produtos contendo os filtros BP-3, EHMC, OC foi proibido nas Ilhas Virgens dos Estados Unidos da América (EUA). Mais tarde, o filtro UV BP-3 foi proibido em Aruba, no mesmo ano. Já em 2021, foi proibido o uso de BP-3 e EHMC no Havai, Bonaire e Key West Florida, todos nos EUA. A aplicação destas restrições demonstra a relevância dos estudos científicos, da comunicação da ciência e da interdisciplinaridade, contribuindo para uma visão holística na tomada de decisão, garantindo a gestão ambiental, a prevenção, a proteção e a conservação dos ecossistemas e escolhas de consumo informadas. Ainda assim, nem todos os filtros UV apresentam o mesmo comportamento ambiental. Por isso, são necessárias uma avaliação rigorosa e uma comunicação clara.



Foram implementadas medidas restritivas ou proibições relativas a determinados compostos, sobretudo em contextos associados à proteção de recifes de coral e de ecossistemas costeiros vulneráveis, devido ao branqueamento de corais induzido pela exposição a filtros UV.”



9 CAMINHOS POSSÍVEIS: PROTEGER A PELE SEM ESQUECER O MAR

A discussão sobre protetores solares e o ambiente não deve ser colocada como uma barreira e uma escolha entre a saúde humana e a conservação da natureza. Ambas são essenciais e devem ser tratadas de forma integrada. Algumas estratégias podem ajudar a reduzir o impacto ambiental sem comprometer a fotoproteção, tais como:

- Exposição solar responsável, evitando as horas de maior intensidade e exposição prolongada;
- Reforçar o uso de medidas físicas de proteção, como roupa, chapéus e sombra;
- Promover o desenvolvimento de formulações de protetores solares mais seguras e ambientalmente responsáveis;
- Melhorar a remoção destes compostos em ETARs;
- Aumentar a monitorização ambiental em zonas costeiras e balneares;
- Investir na investigação sobre alternativas menos persistentes e menos bioacumuláveis;
- Melhorar a literacia ambiental dos consumidores.

Tal como acontece com outros contaminantes emergentes, a solução passa por integrar a ciência, inovação, regulação, política e sensibilização pública.



Tal como acontece com outros contaminantes emergentes, a solução passa por integrar a ciência, inovação, regulação, política e sensibilização pública.”

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fotoproteção é indispensável para prevenir os efeitos nocivos da radiação ultravioleta e proteger a saúde humana. No entanto, a utilização crescente de produtos com filtros UV tem revelado uma dimensão ambiental que não deve ser ignorada. A presença destes compostos nos ecossistemas estuarinos, costeiros e marinhos, a sua capacidade de persistir e de acumular-se em organismos, e os efeitos já observados na biodiversidade mostram que estamos perante um tema que exige atenção científica, social e política. Deve-se promover uma visão mais completa e responsável, protegendo a pele sem desproteger os ecossistemas. Num contexto em que a saúde humana e a saúde ambiental estão cada vez mais interligadas, torna-se essencial adotar soluções de fotoproteção que conciliem eficácia, segurança e sustentabilidade. Só assim será possível atender a uma necessidade de proteção solar sem agravar a pressão sobre os ambientes aquáticos que sustentam a biodiversidade e a nossa qualidade de vida.



Num contexto em que a saúde humana e a saúde ambiental estão cada vez mais interligadas, torna-se essencial adotar soluções de fotoproteção que conciliem eficácia, segurança e sustentabilidade.”

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Diana Bordalo: Escrita – rascunho original.

Amadeu M.V.M. Soares: Financiamento.

Inna Sokolova, Carlo Pretti, Rosa Freitas: Supervisão; Escrita – revisão e edição; Financiamento.

AGRADECIMENTOS

A aluna Diana Bordalo beneficiou de uma bolsa de doutoramento (2023.01230.BD), financiada por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, referências UID/50017/2025 (doi.org/10.54499/UID/50017/2025) e LA/P/0094/2020 (doi.org/10.54499/LA/P/0094/2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abid AR *et al.* (2022). Review of the environmental fate and effects of two UV filter substances used in cosmetic products. *Science of The Total Environment*, 808, 151931.
- Alonso MB *et al.* (2015). Toxic heritage: Maternal transfer of pyrethroid insecticides and sunscreen agents in dolphins from Brazil. *Environmental Pollution*, 207, 391-402.
- Bordalo D *et al.* (2022). In vitro spermiotoxicity and in vivo adults' biochemical pattern after exposure of the Mediterranean mussel to the sunscreen avobenzone. *Environmental Pollution*, 312.
- Bordalo D *et al.* (2020). Impacts of UV filters in *Mytilus galloprovincialis*: Preliminary data on the acute effects induced by environmentally relevant concentrations. *Sustainability*, 12(17).
- Bordalo D *et al.* (2025). Hidden costs of beauty: An in vitro study on the ecotoxicological impacts of ultraviolet filters and parabens on the bioindicator species *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Pollution Bulletin*, 220.
- Cabeza Y *et al.* (2012). Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 239-240.
- Cadena-Aizaga MI *et al.* (2022). Assessment of anthropogenic pollution by UV filters using macrophytes as bioindicators. *Science of The Total Environment*, 832, 155012.
- Castro M *et al.* (2018). Occurrence, profile and spatial distribution of UV-filters and musk fragrances in mussels from Portuguese coastline. *Marine Environmental Research*, 138, 110-118.
- D'Orazio J *et al.* (2013). UV radiation and the skin. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(6), 12222-12248.
- Kciuk M *et al.* (2020). Focus on UV-Induced DNA Damage and Repair—Disease Relevance and Protective Strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 1-33.
- Langford KH *et al.* (2015). Environmental occurrence and risk of organic UV filters and stabilizers in multiple matrices in Norway. *Environment International*, 80, 1-7.
- Magrin CP *et al.* (2025). Development of a dispersive pipette extraction method for the determination of eleven sunscreen molecules in seawater samples. *Microchemical Journal*, 209, 112817.
- Mancuso JB *et al.* (2017). *Sunscreens: An Update*. Em: *American Journal of Clinical Dermatology*. Springer International Publishing. pp. 643-650.
- Marcin S & Aleksander A (2023). Distribution of Nine Organic UV Filters along the Shore Next to the Harbor Canals in the Middle Pomeranian Region (Northern Poland). *Water*, 15(13), 2403.
- Mozas-Blanco S *et al.* (2023). Occurrence and ecological risk assessment of organic UV filters in coastal waters of the Iberian Peninsula. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115644.
- Picot Groz M *et al.* (2014). Detection of emerging contaminants (UV filters, UV stabilizers and musks) in marine mussels from Portuguese coast by QuEChERS extraction and GC-MS/MS. *Science of the Total Environment*, 493, 162-169.
- Sharifan H (2020). Alarming the impacts of the organic and inorganic UV blockers on endangered coral's species in the Persian Gulf: A scientific concern for coral protection. *Sustainable Futures*, 2.
- Teijon G *et al.* (2010). Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain). *Science of the Total Environment*, 408(17), 3584-3595.
- Wagner A & Boman J (2004). Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 59(8), 1125-1132.
- Young AR, Claveau J & Rossi AB (2017). Ultraviolet radiation and the skin: Photobiology and sunscreen photoprotection. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 76(3), S100-S109.
- Zou W *et al.* (2022). Sunscreen testing: A critical perspective and future roadmap. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 157(1), 116724.