



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA - UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA VIDA - DCV
CURSO DE BACHARELADO EM FARMÁCIA**

ANA BEATRIZ SANTOS NUNES REIS

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE FORMULAÇÕES COSMÉTICAS
FOTOPROTETORAS DESENVOLVIDAS À BASE DE ALGAS MARINHAS**

SALVADOR, BA

2024

ANA BEATRIZ SANTOS NUNES REIS

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE FORMULAÇÕES COSMÉTICAS
FOTOPROTETORAS DESENVOLVIDAS À BASE DE ALGAS MARINHAS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade do Estado da
Bahia (UNEB) para obtenção do título de
bacharel em Farmácia.

Orientador: Dr. Milleno Dantas Mota

Co-orientadora: Prof^a Farm. Keila Almeida
Santana

SALVADOR, BA

2024

ANA BEATRIZ SANTOS NUNES REIS

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE FORMULAÇÕES COSMÉTICAS
FOTOPROTETORAS DESENVOLVIDAS À BASE DE ALGAS MARINHAS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade do Estado da
Bahia (UNEB) para obtenção do título de
bacharel em Farmácia.

Orientador: Dr. Milleno Dantas Mota

Co-orientadora: Keila Almeida Santana

Aprovado em: 18/12/2024

Banca Examinadora



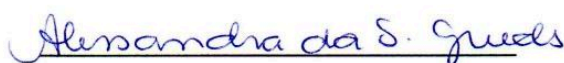
Prof. Dr. Milleno Dantas Mota
(Orientador/Universidade do Estado da Bahia - UNEB)



Keila Almeida Santana
(Co-orientadora/Universidade do Estado da Bahia - UNEB)



Prof. Dr. Aníbal de Freitas Santos Júnior
(Examinador/Universidade do Estado da Bahia - UNEB)



Profa. M.Sc. Alessandra da Silva Guedes
(Examinadora/Centro Universitário UniFTC)

AGRADECIMENTOS

Ebenézer! Pois até aqui a mão do Senhor foi o meu sustento. A Ele, que é digno de todo louvor e honra, elevo a mais profunda gratidão. Em todo o percurso, pude sentir o Seu cuidado nos mínimos detalhes, enxergar o Seu agir mesmo nos momentos mais difíceis e, sem Ele, eu não teria chegado até aqui. Obrigada, Jesus, por tanto amor.

Aos meus pais, Elivângela e Osvaldo, com lágrimas de gratidão eu vos dedico essa conquista. Não tenho palavras para agradecer por todo esforço, sacrifício, dedicação, cuidado e amor de toda uma vida. Vocês foram a âncora que me manteve firme nas tempestades e o porto seguro onde sempre encontrei abrigo. Tudo o que sou e tudo o que conquistei tem a marca do amor de vocês. Obrigada por serem minha base e, para sempre, a minha inspiração.

Ao meu marido, Filipe, o companheiro que Deus colocou ao meu lado, minha alma transborda de gratidão. Em você encontrei não apenas amor, mas acolhimento, força, incentivo e fé nos momentos em que mais precisei. Obrigada por cada palavra de apoio, cada gesto de carinho, cada vez que você segurou minha mão e não me permitiu desistir. Obrigada por caminhar comigo, por acreditar em mim, e por ser meu maior incentivador. Serei eternamente grata por ter você ao meu lado.

À minha família, que me cercou de amor e apoio incondicional, meu muito obrigada. Em vocês encontrei forças para continuar, e sei que o Senhor usou cada um de vocês como instrumentos de Sua graça em minha vida.

Com toda a sua misericórdia e amor, o Senhor me presenteou com pessoas que, de pedacinho em pedacinho, me auxiliaram a construir e enfrentar esse caminho. Por isso, serei eternamente grata ao grupo dos Farmamigos. Vocês tornaram essa caminhada mais leve, divertida e significativa. Em especial, aos meus amigos de vida: Carla, Ícaro e Ana Luiza. Vocês significam muito para mim. Nossa amizade foi um presente dos céus, um laço que foi tecido com lágrimas, risos, batalhas e conquistas. Obrigada por serem uma rede de apoio que sei que posso contar pelo resto da vida. Diariamente, vocês fizeram tudo valer a pena.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Milleno, e à minha co-orientadora, Keila. Serei sempre grata por todo apoio, suporte, acessibilidade e incentivo. Vocês foram essenciais para a concretização disso e são exemplos

brilhantes de profissionais que inspiram e, acima de tudo, de pessoas incríveis. Levarei comigo tudo o que aprendi com vocês, para além do âmbito acadêmico.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa conquista, minha mais sincera gratidão e amor.

RESUMO

A fotoproteção é uma preocupação crescente, impulsionada pela conscientização dos danos causados pela exposição aos raios ultravioleta (UV) do sol. A busca por ingredientes naturais e eficazes na formulação de fotoprotetores tem ganhado destaque. Neste contexto, as algas marinhas emergem como uma fonte promissora para o desenvolvimento de cosméticos fotoprotetores, devido a sua alta capacidade adaptativa, além de possuir compostos bioativos que possuem propriedades fotoprotetoras, antioxidantes e hidratantes. Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi mapear o emprego de algas marinhas como filtros solares para o desenvolvimento de formulações cosméticas fotoprotetoras e sua relevância. Para isso a pesquisa realizada foi estratégica, de caráter qualitativo e quantitativo, exploratória, bibliográfica e documental, através de uma prospecção de patentes contendo algas marinhas como principal componente ativo em produtos cosméticos fotoprotetores. Dos 160 documentos obtidos na base de dados Espacenet, 9 foram incluídos por estarem de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos. Dentre eles, 44% foram depositados na China e a quantidade de depósitos por ano manteve certo equilíbrio, com número menor apenas em 2019 e 2020, o que pode estar relacionado à pandemia do novo coronavírus. Os principais tipos de algas marinhas utilizadas pertencem aos filos *Rhodophyta* (algas vermelhas) e *Ochrophyta* (algas pardas), dados que estão de acordo com estudos realizados, demonstrando a relevância das espécies no âmbito da fotoproteção. Os principais componentes das algas utilizados nas patentes para desempenhar a atividade fotoprotetora foram extratos e componentes isolados como micosporinas, floridosídeos, oligossacarídeos, gadusporinas, aminoácidos e ficobiliproteínas com atividade de fotoproteção comprovada por testes de eficácia realizados. Foi possível inferir que os efeitos proporcionados podem ser potencializados ou potencializar os de outros componentes combinados, como filtros solares físicos e químicos tradicionais, extratos e outros componentes vegetais. A análise dos depositantes das patentes prospectadas revelou a predominância de pessoas jurídicas em 8 patentes e 1 patente depositada por um instituto de pesquisa, evidenciando o papel crucial das algas marinhas como recursos estratégicos para a indústria cosmética. O presente estudo contribui para a demonstração da relevância do potencial das algas marinhas na fotoproteção, incentivando futuras investigações para ampliação do uso e desenvolvimento de tecnologias que integrem sustentabilidade e eficiência. Este panorama fortalece a relevância de inovações baseadas em biotecnologia no contexto da indústria cosmética, reafirmando a importância da sinergia entre ciência, mercado e sustentabilidade.

Palavras-chave: Algas marinhas; Cosmético; Fotoprotetor; Prospecção; Patente.

ABSTRACT

Photoprotection is a growing concern, driven by increased awareness of the damage caused by exposure to ultraviolet (UV) rays from the sun. The search for natural and effective ingredients in sunscreen formulations has gained prominence. In this context, seaweeds emerge as a promising source for developing photoprotective cosmetics due to their high adaptive capacity and bioactive compounds with photoprotective, antioxidant, and moisturizing properties. Given this, the main objective of this study was to map the use of seaweeds as UV filters for the development of photoprotective cosmetic formulations and their relevance. To achieve this, the research was strategic, qualitative and quantitative, exploratory, bibliographic, and documental, conducted through patent prospecting of seaweeds as the main active component in photoprotective cosmetic products. Among the 160 documents retrieved from the Espacenet database, nine were included for meeting the established inclusion criteria. Of these, 44% were filed in China, and the number of filings per year remained relatively stable, with a slight drop in 2019 and 2020, potentially linked to the COVID-19 pandemic. The primary types of seaweeds used in the patents belonged to the phyla Rhodophyta (red algae) and Ochrophyta (brown algae). These findings align with existing studies, highlighting the importance of these species in photoprotection. The main components derived from seaweeds identified in the patents for their photoprotective activity were extracts and isolated compounds such as mycosporines, floridosides, oligosaccharides, gadusporines, amino acids, and phycobiliproteins, whose photoprotective effects were confirmed by efficacy tests. It was inferred that these effects could be enhanced or could enhance the activity of other combined components, such as traditional physical and chemical sunscreens, plant extracts, and other natural ingredients. The analysis of patent applicants revealed that eight patents were filed by legal entities and one by a research institute, emphasizing the strategic role of seaweeds as resources for the cosmetic industry. This study contributes to demonstrating the relevance of the potential of seaweeds in photoprotection, encouraging future investigations to expand their use and develop technologies that integrate sustainability and efficiency. This overview strengthens the importance of biotechnology-based innovations in the context of the cosmetic industry, reaffirming the synergy between science, market demands, and sustainability.

Key words: Seaweeds; Cosmetic; Photoprotector; Technological prospection; Patent.

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

A61K8	Cosméticos ou preparações similares
A61P17	Preparações para cuidados com a pele
A61K8/44	Preparações de fotoprotetores
ABIHPEC	Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos
C	Certificado de Adição de invenção
CA	Canadá
CN	China
CPC	<i>Cooperative Patent Classification</i> (Classificação Cooperativa de Patentes)
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ERO	Espécie Reativa de Oxigênio
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IPC	<i>International Patent Classification</i> (Classificação Internacional de Patentes)
MAA	Micosporina
MU	Modelo de Utilidade
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
OMPI	Organização Mundial da Propriedade Intelectual
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PI	Patente de Invenção
UV	Ultravioleta
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i> (Organização Mundial da Propriedade Intelectual)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro de radiação solar.....	14
Figura 2: Escala de Fitzpatrick de fototipos de pele.....	15
Figura 3: Estrutura molecular do composto micosporina-porfirina-334.....	17
Figura 4: Estruturas moleculares de alguns polifenóis e carotenóides com atividade fotoprotetora.....	18
Figura 5: Fluxograma de seleção de patentes de formulações cosméticas fotoprotetoras à base de algas marinhas no período de 2019 a 2023.....	22
Figura 6: Quantidade de patentes de formulações contendo algas marinhas com finalidade fotoprotetora prospectadas no período de 2019 a 2023.....	30
Figura 7: Quantidade de patentes de formulações fotoprotetoras contendo algas marinhas prospectadas por ano no período de 2019 a 2023.....	32
Figura 8: Identificação das principais espécies de algas vermelhas encontradas nas patentes selecionadas.....	37
Figura 9: Identificação das principais espécies de algas pardas encontradas nas patentes selecionadas.....	38
Figura 10: Identificação das principais espécies de algas verdes encontradas nas patentes selecionadas.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.....	25
Tabela 2: Algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas no período de 2019 a 2023.....	35
Tabela 3: Componentes das algas marinhas com finalidade fotoprotetora utilizados nas patentes prospectadas no período de 2019 a 2023.....	41
Tabela 4: Caracterização dos depositantes das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Pele e Fotoproteção.....	14
3.2 Fotoprotetores e Filtros solares.....	16
3.3 Algas marinhas como alternativa aos filtros solares sintéticos.....	16
3.4 Patentes e Prospecção Tecnológica.....	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Prospecção de patentes.....	21
4.2 Seleção e quantificação de patentes para demonstrar o impacto científico e tecnológico do uso de algas marinhas em fotoprotetores.....	22
4.3 Elenco de algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas.....	23
4.4 Listagem dos componentes das espécies de algas marinhas utilizadas responsáveis pela atividade fotoprotetora das formulações prospectadas.....	23
4.5 Estratégia aplicada para discussão sobre a importância das algas marinhas para a indústria cosmética de fotoproteção.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Impacto científico e tecnológico do uso de algas marinhas em formulações fotoprotetoras.....	25
5.2 Algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas.....	35
5.3 Componentes das espécies de algas marinhas utilizados responsáveis pela atividade fotoprotetora das formulações prospectadas.....	41
5.4 Importância das algas marinhas na indústria cosmética de fotoproteção.....	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A proteção solar é uma preocupação crescente em todo o mundo, impulsionada pela conscientização dos danos causados pela exposição aos raios ultravioleta (UV) do sol, como queimaduras, envelhecimento precoce e aumento do risco de câncer de pele (OMS, 2024; ACS, 2024). Nesse contexto, a busca por ingredientes naturais e eficazes na formulação de protetores solares tem ganhado destaque, pois a meta não é apenas a segurança e a eficácia dos produtos, mas também a promoção do desenvolvimento sustentável (Shetty; Schalka; Lim, 2023; Lopes *et al.*, 2020).

Dentre os danos da exposição solar excessiva, destaca-se o câncer de pele, um dos tipos mais prevalentes globalmente. De acordo com o Instituto Nacional de Câncer - INCA (2024), estima-se a ocorrência de aproximadamente 200 mil novos casos de câncer de pele não melanoma e cerca de 10 mil casos de melanoma no Brasil, com mortalidade anual superior a 2 mil óbitos associados a este último. Esses dados reforçam a urgência de medidas preventivas, como o uso de fotoprotetores eficazes, destacando o papel da inovação em formulações cosméticas na proteção da saúde pública e na redução da incidência da doença.

Muitos metabólitos de algas marinhas têm se tornado uma importante fonte de produtos bioativos naturais, demonstrando atividade biológica e potenciais benefícios para a saúde humana. As características fotossintéticas das algas, bem como os pigmentos naturais produzidos por elas, atraem atenção na área de cosméticos (Fernandes, 2019).

Neste sentido, as algas marinhas emergem como uma fonte promissora para o desenvolvimento de formulações cosméticas fotoprotetoras. Com uma composição rica em compostos bioativos, como polissacarídeos, antioxidantes, vitaminas e minerais, as algas marinhas apresentam propriedades fotoprotetoras, antioxidantes e hidratantes que podem ser exploradas na indústria cosmética (González-Domínguez *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2020). Esses ingredientes naturais não apenas oferecem benefícios para a proteção da pele contra os danos causados pelos raios ultravioleta, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental ao utilizar recursos renováveis e biodegradáveis.

O mercado de produtos fotoprotetores, ou "*Sun Care*", movimentou cerca de 15 bilhões de dólares em 2022, com projeções de crescimento anual de 5,5% até

2027. Este crescimento é impulsionado pelo aumento da conscientização sobre os danos causados pela exposição excessiva ao sol e a crescente demanda por produtos que oferecem proteção eficiente contra os raios ultravioleta (UV) (ABIHPEC, 2022).

Além disso, no mercado cosmético, o Brasil é o 2º país do mundo a lançar mais produtos anualmente, atrás dos Estados Unidos da América, e está em 4º lugar no consumo de produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC). Alinhado a isso, as indústrias do setor de HPPC cresceram 5,8% em 2020 e os produtos de cuidados da pele tiveram maior crescimento (+21,9%) (ABIHPEC, 2022).

Ainda, de acordo com Amberg e Fogarassy (2019), nas últimas décadas, a crescente consciência sobre questões ambientais e de saúde desempenhou um papel crucial na alteração do comportamento dos consumidores. Esse fenômeno ocorre porque as pessoas estão cada vez mais preocupadas com as gerações futuras e, portanto, buscam a proteção do meio ambiente através de suas escolhas.

A busca por alternativas menos prejudiciais ao meio ambiente em formulações fotoprotetoras é também motivada pelos impactos negativos associados aos filtros UV tradicionais. Segundo Shetty, Schalka e Lim (2023), esses filtros estão ligados a efeitos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, incluindo toxicidade e branqueamento por imunossupressão em recifes de corais, além de irritações cutâneas e reações fotoalérgicas em indivíduos sensíveis. Além disso, alguns filtros UV interferem nos sistemas hormonais de humanos e da vida marinha, exacerbando preocupações sobre suas consequências ambientais e de saúde. Em resposta, diversos países já restringiram ou proibiram o uso de determinados filtros UV, enfatizando a necessidade de desenvolver alternativas mais seguras e sustentáveis.

A Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021 a 2030), declarada pela ONU, demonstra uma iniciativa que busca construir uma estrutura de apoio às ações de gerenciamento sustentável dos Oceanos efetuadas por diversos países e visa promover a gestão sustentável dos oceanos e recursos marinhos. Este contexto oferece uma oportunidade única para explorar e valorizar os recursos marinhos, já que 4% do investimento mundial em pesquisa é na Ciência Oceânica, como as algas. Além disso, o estudo encontra-se alinhado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), da ONU, sendo eles: 9 - Indústria, Inovação

e Infraestrutura; 12 – Consumo e produção responsáveis; 13 - Ação contra a Mudança Global; 14 - Vida na Água; 15 – Vida Terrestre (ONU, 2024; Nações Unidas Brasil, 2024).

Diante do exposto, é de suma importância realizar uma prospecção de patentes para avaliar a relevância das algas marinhas no campo da fotoproteção na indústria cosmética, já que a patente é definida como um título de propriedade temporária concedido pelo Estado sobre uma invenção ou modelo de utilidade, oferecendo informações valiosas para identificar oportunidades e necessidades em pesquisa e desenvolvimento (P&D), além de mapear avanços científicos e tecnológicos que possam ter impacto econômico e social significativo (Brasil, 2020). Essa abordagem visa explorar o potencial desses ingredientes naturais na proteção contra os danos causados pela radiação UV, bem como avaliar sua viabilidade técnica, econômica e ambiental no contexto da indústria cosmética.

Assim, a partir da combinação do conhecimento científico sobre as propriedades fotoprotetoras das algas marinhas com as demandas do mercado por produtos seguros, eficazes e sustentáveis, o tema deste trabalho envolve a prospecção de patentes de cosméticos, tendo como problema de pesquisa: algas marinhas são utilizadas como ativos para o desenvolvimento de formulações cosméticas com atividade fotoprotetora? Para responder a essa pergunta, as hipóteses são que, considerando que as algas marinhas possuem metabólitos com atividade fotoprotetora, estas espécies são ou não utilizadas em composições cosméticas para essa finalidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Mapear, através de uma prospecção tecnológica de patentes, o emprego de algas marinhas para o desenvolvimento de formulações cosméticas fotoprotetoras e sua relevância.

2.2 Objetivos Específicos

Apresentar o impacto científico e tecnológico do uso de algas marinhas em formulações fotoprotetoras;

Elencar as espécies de algas marinhas utilizadas em formulações com atividade fotoprotetora;

Listar os componentes de algas marinhas utilizados que comprovam a atividade fotoprotetora;

Discutir acerca da importância das algas marinhas na indústria cosmética de fotoproteção.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Pele e Fotoproteção

A pele é o maior órgão do corpo humano, desempenhando funções vitais de proteção, regulação térmica e sensorial. Sua estrutura é composta por três camadas principais: epiderme, derme e hipoderme. A epiderme, a camada mais externa, é constituída por queratinócitos, melanócitos, células de Langerhans e células de Merkel. A derme, localizada abaixo da epiderme, é composta por tecido conjuntivo e contém vasos sanguíneos, nervos e anexos cutâneos, como folículos pilosos e glândulas sebáceas e sudoríparas. A hipoderme, ou tecido subcutâneo, é composta principalmente por tecido adiposo, proporcionando isolamento térmico e proteção contra traumas mecânicos (Tortora; Derrickson, 2017).

A exposição à radiação ultravioleta (UV) do sol tem efeitos variados na pele, que podem ser agudos ou crônicos. A radiação UV é subdividida em UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm) e UVC (200-290 nm), sendo esta última absorvida pela camada de ozônio e não alcançando a superfície terrestre. O espectro de radiação pode ser visualizado na Figura 1. A radiação UVB é responsável pela queimadura solar e danos diretos ao ácido desoxirribonucleico (DNA), enquanto a radiação UVA causa envelhecimento prematuro da pele e contribui para o desenvolvimento de câncer de pele por meio da geração de espécies reativas de oxigênio (Pfeifer; Lehman, 2018).

Figura 1: Espectro de radiação solar



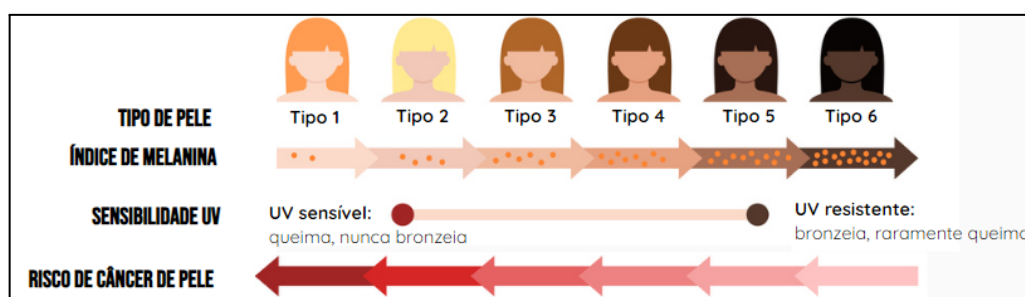
Fonte: Cosmetic Innovation (2018)

Os raios ultravioleta A (320-400 nm) estão associados ao fotoenvelhecimento da pele, pois penetram mais profundamente e podem atuar como cofatores carcinogênicos, além de causarem lesões dérmicas. Por outro lado, os raios

ultravioleta B (280-320 nm) têm o benefício de promover a síntese de pré-vitamina D e possuem propriedades antimicrobianas. No entanto, eles podem danificar o DNA das células epidérmicas, causar queimaduras solares e, a longo prazo, contribuir para o desenvolvimento de câncer de pele (Wrzesinski *et al.*, 2019).

A pele pode ser classificada com base na resposta à exposição solar, a partir da escala de Fitzpatrick (Figura 2), especialmente na predisposição para queimaduras solares e capacidade de bronzeamento. Desenvolvida por Thomas B. Fitzpatrick em 1975, a escala é amplamente utilizada em dermatologia para avaliar o risco de danos solares e planejar tratamentos. A escala classifica a pele em seis tipos, variando de I (pele muito clara, sempre queima, nunca bronzeia) a VI (pele muito escura, nunca queima, sempre bronzeia intensamente) (Fitzpatrick, 1988).

Figura 2: Escala de Fitzpatrick de fototipos de pele.



Fonte: Adaptado de Enrich (2024)

A fotoproteção envolve medidas que visam proteger a pele dos efeitos nocivos da radiação UV. Isso inclui o uso de roupas protetoras, óculos de sol, chapéus e, principalmente, fotoprotetores tópicos. A fotoproteção é essencial para prevenir queimaduras solares, fotoenvelhecimento e câncer de pele, nesse sentido, as estratégias de fotoproteção devem ser personalizadas com base no tipo de pele, atividades ao ar livre e intensidade da exposição solar (Wang; Xu, 2020).

O câncer de pele é uma neoplasia amplamente prevalente em diversos países, inclusive no Brasil. Ele se divide em duas categorias principais: câncer de pele não melanoma e câncer de pele melanoma. A principal diferença entre essas categorias é que o melanoma se origina nas células responsáveis pela produção de melanina, enquanto o não melanoma surge em outras partes do corpo que geralmente são mais expostas ao sol, como pescoço, braços, orelhas e rosto (Souza *et al.*, 2016).

A pele desempenha um papel crucial como barreira química, física e imunológica contra agentes externos. Além disso, contém radicais livres, que estão associados à indução do estresse oxidativo mediado pela peroxidação lipídica. Quando ocorre estresse oxidativo, ele pode induzir a melanogênese, resultando em manchas na pele, além de contribuir para o envelhecimento cutâneo. O combate a esse estresse é realizado por meio de várias barreiras protetoras naturais da pele, como enzimas, vitaminas e antioxidantes (Freitas *et al.*, 2021).

3.2 Filtros Solares e Fotoprotetores

Os filtros solares são substâncias capazes de absorver, refletir ou dispersar a radiação UV e são utilizados na produção de cosméticos fotoprotetores. Os filtros físicos, como dióxido de titânio e óxido de zinco, criam uma barreira que reflete a radiação UV. Já os filtros químicos, como avobenzona e octocrileno, absorvem a radiação UV, convertendo-a em calor. A combinação de filtros físicos e químicos pode proporcionar uma proteção de amplo espectro contra os raios UVA e UVB (Latha *et al.*, 2020).

Os fotoprotetores são produtos aplicados topicamente que auxiliam na proteção da pele aos efeitos nocivos da radiação UV. Podem conter filtros solares físicos, químicos ou ambos, que, combinados, podem aumentar o perfil de absorção e grau de proteção. A ANVISA define fotoprotetores como produtos destinados a proteger a pele contra a radiação UV, destacando a importância de sua eficácia e segurança (Brasil, 2022).

A eficácia dos fotoprotetores é medida pelo Fator de Proteção Solar (FPS), que indica o nível de proteção contra a radiação UVB. Além de prevenir danos imediatos, como a queimadura solar, estes produtos também desempenham um papel crucial na prevenção de danos a longo prazo, como o desenvolvimento de lesões pré-cancerosas e cânceres de pele (Brasil, 2022; SBD, 2022).

3.3 Algas marinhas como alternativa aos filtros solares sintéticos

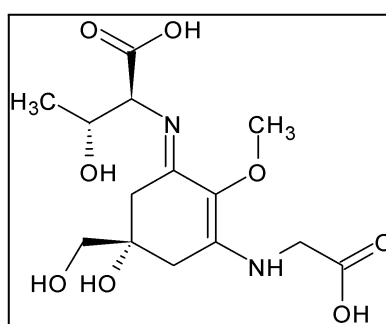
A crescente busca por alternativas aos filtros solares sintéticos surge em resposta aos impactos negativos desses compostos sobre o meio ambiente e a saúde humana. Filtros UV tradicionais têm sido associados a diversos problemas, como toxicidade para recifes de corais, irritações cutâneas e interferência nos sistemas hormonais de seres humanos e organismos marinhos, além da adoção de

restrições ou proibições sobre o uso de certos filtros UV em alguns países, destacando a urgência em desenvolver soluções mais seguras e sustentáveis. Nesse contexto, os filtros naturais, como os derivados das algas marinhas, emergem como uma alternativa promissora, oferecendo proteção solar eficaz e, ao mesmo tempo, menor impacto à saúde e ao meio ambiente (Shetty, Schalka e Lim, 2023).

As algas marinhas são ricas em compostos bioativos com propriedades fotoprotetoras, como carotenóides, polifenóis, ficobiliproteínas, polissacarídeos, peptídeos, vitaminas, esteróis e micosporinas (MAA). Esses compostos oferecem benefícios adicionais, como atividade antioxidante e anti-inflamatória, tornando as algas uma fonte promissora para o desenvolvimento de fotoprotetores naturais. Estudos têm demonstrado que extratos de algas marinhas podem proteger a pele dos danos induzidos pela radiação UV, reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio e prevenindo danos ao DNA (Kim; Karri, 2019).

Para demonstrar a importância do uso de substâncias produzidas por algas com finalidade fotoprotetora, destaca-se o composto micosporina-porfirina-334 (Figura 3), uma MAA produzida por algas do gênero *Porphyra*. A atividade protetora contra radiação UV e a atividade antioxidante, avaliada em experimento *in vitro*, utilizando queratinócitos humanos, foi avaliada e identificou-se ambas as atividades, concluindo como um composto promissor (Ishihara *et al.*, 2017 *apud* Fernandes, 2019).

Figura 3: Estrutura molecular do composto micosporina-porfirina-334



Fonte: Adaptado de Rincón-Valencia; Mejía-Giraldo; Puertas-Mejía (2022)

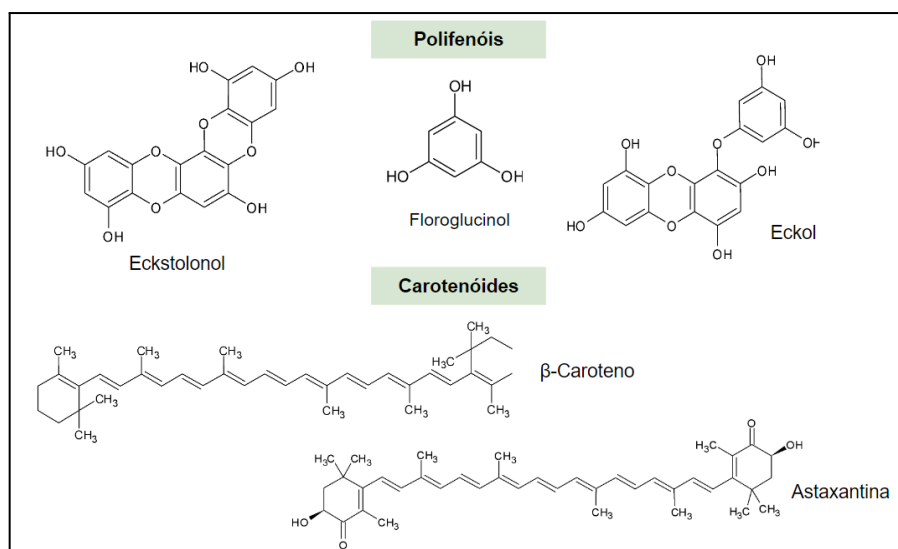
Sendo uma das MAAs mais estudadas, agem como protetores solares naturais, absorvendo a radiação UV e protegendo as células dos danos causados por essa radiação, além de possuírem propriedades antioxidantes que auxiliam na neutralização dos radicais livres produzidos pela exposição à luz UV e apresentam

estabilidade em altas temperaturas e sob exposição prolongada à luz (Rincón-Valencia; Mejía-Giraldo; Puertas-Mejía, 2022).

A ação fotoprotetora da MAA Porphyr-334 é atribuída à sua estrutura química específica, particularmente ao anel cíclico conjugado de oxocarbonil-imina (grupos cromóforos). Este anel absorve eficientemente a radiação UV e dissipa a energia absorvida como calor inofensivo, protegendo as células contra danos UV (Rosic, 2019; Sinha; Hader, 2019).

Estudos demonstram também outros metabólitos secundários presentes em algas que apresentam atividade fotoprotetora. Grupos como polifenóis e carotenóides (Figura 4) foram amplamente estudados e relacionados à ação de fotoproteção (Fernandes, 2019; Rincón-Valencia; Mejía-Giraldo; Puertas-Mejía, 2022).

Figura 4: Estruturas moleculares de alguns polifenóis e carotenóides com atividade fotoprotetora



Fonte: Adaptado de Rincón-Valencia; Mejía-Giraldo; Puertas-Mejía (2022)

Nos polifenóis, a atividade fotoprotetora é associada aos seus anéis aromáticos e às ligações duplas conjugadas. Essas estruturas permitem a absorção da radiação UV e a neutralização dos radicais livres, prevenindo danos celulares. Os grupos hidroxila (–OH) ligados aos anéis aromáticos também contribuem significativamente para suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras, auxiliando na inibição dos danos oxidativos causados pela exposição aos raios UV (Ghendov-Mosanu; Podea; Sturza, 2022; Kawabata; Miyoshi; Nishi, 2022).

Quanto aos carotenóides, apresentam atividade fotoprotetora principalmente devido ao sistema de duplas ligações conjugadas em sua estrutura molecular. Este

sistema permite que estas substâncias absorvam radiação UV e visível, dissipando essa energia de forma não prejudicial através de mecanismos como a dissipação de energia não-fotossintética. Além disso, os carotenóides atuam como antioxidantes, neutralizando radicais livres gerados pela exposição à luz solar (Collini, 2019).

Carotenoides como a astaxantina, encontrada em algas vermelhas, e a fucoxantina, encontrada em algas pardas, são amplamente conhecidos por sua forte atividade antioxidante e capacidade de absorção de UV. Os polifenóis, como os florotaninos, presentes também em algas pardas, oferecem proteção contra danos oxidativos e inflamação induzida pela radiação UV. Além desses, ficobiliproteínas, presentes em algas vermelhas, são eficazes na neutralização de radicais livres gerados pela exposição UV (Fernandes, 2019).

Contudo, vale destacar que a atividade fotoprotetora de algas marinhas vermelhas e pardas foi bem caracterizada em muitos estudos; no entanto, existem poucos relatos da atividade fotoprotetora de algas verdes marinhas (Ganesan *et al.*, 2020; Maeda; Hosokawa, 2021).

O uso de algas em formulações fotoprotetoras é um campo de estudo crescente desde a identificação de que os metabólitos têm uma alta capacidade de absorver raios UV e um alto potencial antioxidante. Isto tem sido mostrado em vários estudos quando a inclusão de compostos antioxidantes provenientes de algas em formulações fotoprotetoras demonstra melhora quanto aos efeitos de fotoproteção (Lorigo; Cairrao, 2019).

3.4 Patentes e Prospecção Tecnológica

Uma patente é definida como um título de propriedade temporária concedido pelo Estado sobre uma invenção ou modelo de utilidade, garantindo ao titular direitos exclusivos. Além de proteger a propriedade intelectual dos desenvolvedores, as patentes promovem a disseminação de informações técnicas detalhadas, que são essenciais para a análise e o aprimoramento de formulações existentes, assim, no contexto da fotoproteção com algas marinhas, podem destacar ingredientes ativos inovadores, métodos de extração e processamento de algas, bem como a aplicação sustentável desses recursos naturais (Brasil, 2020).

Existem três tipos principais de patentes, conforme descrito pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) do Brasil. A primeira é a Patente de Invenção (PI), destinada a produtos ou processos que apresentam novidade,

atividade inventiva e aplicação industrial, com validade de 20 anos a partir da data do depósito. A segunda é a Patente de Modelo de Utilidade (MU), aplicada a objetos de uso prático que apresentam uma nova forma ou disposição que resulta em melhoria funcional, com validade de 15 anos a partir da data do depósito. Por fim, o Certificado de Adição de Invenção (C) é utilizado para aperfeiçoamentos ou desenvolvimentos introduzidos em uma invenção patenteada, mesmo sem atividade inventiva, mas dentro do mesmo conceito inventivo, e sua validade é vinculada à patente original (Brasil, 2020).

Dada a necessidade de investigação da utilização das algas marinhas na indústria cosmética, a prospecção de patentes tem como objetivo identificar e analisar patentes existentes, tecnologias emergentes e tendências de mercado para diversos fins estratégicos. Entre os principais objetivos, destacam-se o monitoramento tecnológico, a identificação de oportunidades de inovação e a formulação de estratégias de P&D. O monitoramento tecnológico permite acompanhar inovações e avanços em áreas específicas de interesse (Pandit; Ghosh, 2015).

A prospecção tecnológica desempenha um papel crucial na diminuição de incertezas e no apoio às decisões estratégicas. As rápidas transformações tecnológicas, especialmente nas últimas décadas, destacam a importância de utilizar informações capazes de direcionar o futuro, algo que os estudos prospectivos oferecem. A prospecção com o objetivo de monitoramento tecnológico auxilia na construção de uma visão ampla de mercado ou mesmo identificar oportunidades de licenciamento, já que envolve a identificação das principais oportunidades e necessidades no campo de P&D (Amparo; Ribeiro; Guarieiro, 2012).

Assim, a prospecção tecnológica é um processo estruturado de identificação de avanços científicos e tecnológicos que têm o potencial de impactar significativamente uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo, além de apontar produtos ou processos com potencial para alcançar sucesso em termos de inovação tecnológica (Kupfer; Tigre, 2004)

A identificação de oportunidades de inovação é crucial para detectar lacunas tecnológicas e áreas com potencial para o desenvolvimento de novos produtos ou processos e, neste sentido, a formulação de estratégias de P&D é orientada com base nas tendências e avanços tecnológicos identificados (Tiwari; Buchbinder; Bewersdorff, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa realizada foi aplicada, estratégica, qualitativa e quantitativa, exploratória, bibliográfica e documental.

4.1 Prospecção de patentes

Foi realizada a prospecção de patentes de cosméticos fotoprotetores que possuem algas marinhas como filtros solares em suas formulações, na plataforma digital Espacenet, uma base de dados do Escritório Europeu de Patentes (EPO) que comporta mais de 130 milhões de documentos de patentes de mais de 100 países. Foram utilizadas as palavras “seaweed”; “algae”; “cosmetic” e “sunscreen” com os respectivos operadores booleanos “OR” - para sinônimos e palavras com significados semelhantes e “AND” - para a correlação de termos.

A inclusão das patentes encontradas através da prospecção ocorreu a partir dos seguintes critérios:

- Patentes em inglês e português ou que possuíam tradução para esses idiomas;
- Publicadas no período de 2019 a 2023;
- Patentes que pertenciam à *Cooperative Patent Classification* (Classificação Cooperativa de Patentes) – CPC A61K8, código que representa a classificação de cosméticos ou preparações similares para cuidados da pele e à *International Patent Classification* (Classificação Internacional de Patentes) – e ao subgrupo IPC A61K8/44 - referente a fotoprotetores;
- Invenções que continham algas marinhas como ativo fotoprotetor, isolado ou associado a outros filtros solares.

A exclusão das patentes encontradas através da prospecção ocorreu a partir dos seguintes critérios:

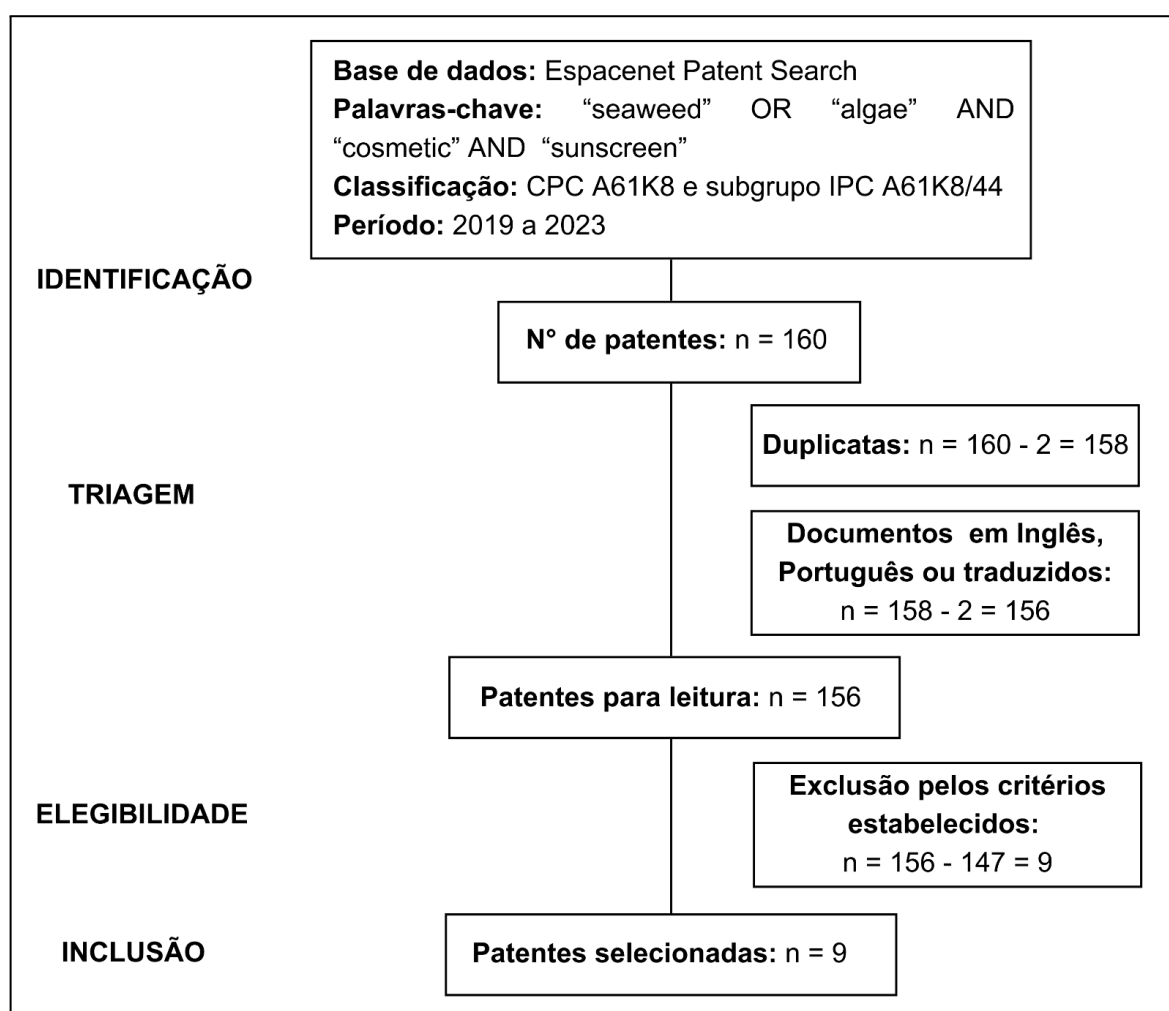
- Documentos com dados indisponíveis;
- Documentos duplicados;
- Patentes de invenções que não se enquadrem como cosméticos fotoprotetores.

Após a consulta e seleção, todos os dados foram registrados em planilha no programa Microsoft Excel[®] para organização das informações e resultados obtidos.

4.2 Seleção e quantificação de patentes para apresentar o impacto científico e tecnológico do uso de algas marinhas em fotoprotetores

A seleção de patentes para obtenção dos resultados ocorreu por meio de cinco etapas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. As patentes selecionadas durante a leitura foram quantificadas, lidas e analisadas para observar o uso de algas marinhas em cosméticos fotoprotetores no mercado frente ao cenário atual. A seleção das patentes prospectadas estão sintetizadas na Figura 5.

Figura 5: Fluxograma de seleção de patentes de formulações cosméticas fotoprotetoras à base de algas marinhas no período de 2019 a 2023.



Legenda: CPC A61K8 = classificação para cosméticos; IPC A61K8/44 = classificação para fotoprotetores; N° = número; n = quantidade.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na etapa de identificação de patentes, o número de documentos encontrados de acordo com os filtros utilizados no Espacenet foi 160. No entanto, durante a etapa

de triagem, foram identificadas 2 patentes duplicadas e 2 patentes que não estavam escritas em inglês ou português e não possuíam tradução para essas línguas, resultando em um número total de 156 patentes para leitura na planilha gerada pela base de dados.

A etapa de elegibilidade das patentes prospectadas foi designada de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, sendo assim, ao final da leitura, foram selecionadas 9 patentes.

O número de patentes excluídas foi devido a características das invenções descritas nos documentos em desacordo com a proposta da prospecção. Dentre as 147 patentes excluídas, as principais causas estavam relacionadas à utilização do extrato de algas marinhas, partes ou componente isolado com outra finalidade, que não de fotoproteção, tais como: hidratante, umectante, espessante, antioxidante (sem a caracterização da ação fotoprotetora), agente oclusivo e clareador. Além disso, algumas invenções não se tratavam de formulações com finalidade fotoprotetora ou possuíam dados incompletos.

Os resultados obtidos da quantificação foram organizados em gráficos e a quantificação das patentes prospectadas dividiu-se em países ou organizações e ano de depósito.

4.3 Elenco de algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas

Para elencar as algas marinhas utilizadas, foi realizado o registro de cada filo, gênero e espécies encontradas nas patentes prospectadas com base nos critérios de inclusão e exclusão dispostos no item 4.1 (página 21). Para melhor visualização, foi elaborada uma tabela com cada patente e os respectivos tipos de algas mencionados no documento técnico.

4.4 Listagem dos componentes das espécies de algas marinhas utilizadas responsáveis pela atividade fotoprotetora das formulações prospectadas

Para listar os componentes das espécies de algas marinhas utilizadas que desempenham a atividade fotoprotetora, foram registrados, de cada patente, os componentes das algas marinhas utilizados, abordando na discussão os testes de eficácia realizados, quando presentes no documento técnico. Para melhor visualização, foi elaborada uma tabela relacionando as patentes e os respectivos componentes.

4.5 Estratégia aplicada para discussão sobre a importância das algas marinhas para a indústria cosmética de fotoproteção

A discussão sobre a importância das algas marinhas na indústria cosmética de fotoproteção foi realizada a partir da análise e caracterização dos depositantes das patentes, levando em consideração a quantidade de patentes por tipo de depositante. Uma tabela foi construída para melhor visualização contendo o número de depósito das patentes, os depositantes e a respectiva classificação; se pessoa jurídica (empresa de cosméticos), pessoa física ou instituto de pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Impacto científico e tecnológico do uso de algas marinhas em formulações fotoprotetoras

A prospecção de patentes permitiu a visualização de um panorama do impacto científico e tecnológico das formulações fotoprotetoras à base de algas marinhas entre 2019 e 2023. Por meio da quantificação de patentes depositadas no período selecionado, que atendem aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, foi possível identificar as tendências de inovação neste campo cosmético no período.

Após a triagem realizada com base nos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionadas 9 patentes, as quais estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.

Número de depósito	Depositantes	Autores	Ano	País	Proposta da invenção
WO2021137647A1	ATHENA CO LTD [KR]	Park Eunkyung; Woo Dongjin	2021	WO	Composição de bloqueio de UV composta por floridosídeo derivado de algas vermelhas e um composto contendo grupo amina, e seu uso em um material cosmético.
CN112494359A	GUANGZHOU SHANGZI CHEMICAL TECH CO LTD	Pan Xueping	2021	CN	Composição compreendendo oligossacarídeos de algas marinhas para aplicação em um cosmético antienvelhecimento.
CN112022773A	SHANGHAI CESTBON COSMETICS GROUP CO LTD	Zhang Qiqing; Sheng Junjiao; Shu Peng; Yu Haili; Sol Xuyou	2020	CN	Creme protetor solar antienvelhecimento contendo extrato de algas pardas e <i>Ganoderma lucidum</i> e um método de preparação do mesmo.

Legenda: CA = Canadá; CN = China; US = Estados Unidos; WO = abreviação de *World Intellectual Property Organization* - WIPO (Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPÍ).

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tabela 1: Descrição das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.

(Continuação)

Número de depósito	Depositantes	Autores	Ano	País	Proposta da invenção
US2024148623A1	GADUSOL LABORATORIES INC [US]	Alan T Bakalinsky; Almabruk Khaled; Kathryn Pettinger; Palefsky Irwin; Sripeng Atchara; Nathan Alexander	2022	US	Formulação fotoprotetora contendo gadusol e gadusporinas derivados de algas em associação com o composto micosporina-porfirina-334.
CN116999340A	PROD GIANNI S R L	Cecilia Anselmi; Marianna Chintini; Maria Cristina Jampa; Alessandro Segà; Giulia Signori	2023	CN	Formulação contendo lipoaminoácidos derivados de algas vermelhas como potenciadores de FPS (fator de proteção solar) em composições cosméticas.
CN109662928A	CHENGDU BAOZI HEALTH MAN CO LTD	Shi Xuan	2019	CN	Composição cosmética de creme facial fotoprotetor contendo extrato de algas verdes, além de diversos ingredientes hidratantes e reparadores
US2022175637A1	SHISEIDO CO LTD [JP]	Megumi Sugihara; Ito Ryoya; Kazuyuki Miyazawa; Tetsuya Kanemaru; Renaud Gillet; Bianca Mccarthy.	2022	US	Composição fotoprotetora contendo ficobiliproteínas extraídas de algas vermelhas associadas a outros filtros UV.

Legenda: CA = Canadá; CN = China; US = Estados Unidos; WO = abreviação de *World Intellectual Property Organization* - WIPO (Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI).

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tabela 1: Descrição das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.
(Continuação)

Número de depósito	Depositantes	Autores	Ano	País	Proposta da invenção
US11020340B2	SEIBERG CONSULTING LLC [US]	Miri Seiberg; Konstantinos Lahanas	2021	US	Formulação fotoprotetora contendo biomassa derivada de microalga vermelha.
CA3222853A1	NAOS INST OF LIFE SCIENCE [FR] THOREL JEAN NOEL [FR]	Jean Noel Thorel	2023	CA	Composição de fotoprotetor que inclui pelo menos um MAA, dois filtros solares orgânicos UVB e/ou UVB e UVA e pelo menos um filtro orgânico UVA.

Legenda: CA = Canadá; CN = China; US = Estados Unidos; WO = abreviação de *World Intellectual Property Organization* - WIPO (Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI).

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A patente de número WO2021137647A1, por exemplo, se trata de uma formulação com finalidade fotoprotetora que propõe uma nova composição para proteção UV utilizando floridosídeos de algas vermelhas em combinação com um composto contendo grupo amina, que bloqueiam os raios UVA e B sem causar efeitos adversos à pele. Os depositantes afirmam que a composição é estável, não fototóxica e segura para uso cosmético (Eunkyung; Dongjin, 2021).

Neste caso, a proposta de inovação da formulação é desenvolver um protetor solar natural que, de acordo com os testes, exibe um excelente efeito no bloqueio e prevenção de raios ultravioleta em uma ampla faixa de 280 a 400 nm. A composição de acordo com a presente invenção não causa clareamento e irritação da pele, que são as desvantagens dos agentes de dispersão de UV inorgânicos entre os materiais de bloqueio de UV convencionais, e não causa efeitos colaterais como fototoxicidade, irritação da pele, calor e emissão de luz, que são as desvantagens dos absorvedores de UV orgânicos (Eunkyung; Dongjin, 2021).

Já a patente CN112494359A, se refere a uma composição fotoprotetora com ação antienvhecimento, contendo oligossacarídeos de algas marinhas em associação com o filtro físico dióxido de titânio. A invenção visa proporcionar o efeito

fotoprotetor sinérgico com a utilização de oligossacarídeos provenientes de algas, sem a necessidade de utilizar filtros químicos prejudiciais à saúde do consumidor e que, alinhado a outros ingredientes, proporciona efeitos anti-idade (Xueping, 2021).

A patente CN112022773A, também descreve uma formulação de um protetor solar antienvelhecimento. A proposta combina ingredientes naturais, como extrato de algas pardas e uma espécie de cogumelo (*Ganoderma lucidum*), associados a outros filtros solares em menor concentração. A inovação desta patente reside na fermentação controlada de *Ganoderma lucidum* para produção do extrato, associado ao uso de extratos de algas marrons para desenvolver uma formulação que protege contra os danos causados pelos raios UV, otimizando as propriedades do produto. O desenvolvimento e os testes demonstram benefícios adicionais, como propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e aumento da elasticidade da pele (Qiqing *et al.*, 2020)

A patente US2024148623A1 trata-se de uma formulação fotoprotetora com gadusol e gadusporinas, componentes derivados de algas, que são descritos como filtros UV ativos. O gadusol, que pode ser combinado com MAAs (Micosporinas-like Aminoácidos) ou gadusporinas, é mencionado como protetor solar tanto para UVB quanto para UVA, tornando a formulação de espectro completo. As formulações propostas incluem também ingredientes como óxido de zinco, dióxido de titânio, e porfirina-334 para proporcionar proteção UVA/UVB (Bakalinsky *et al.*, 2022).

A patente CN116999340A descreve o uso de lipoaminoácidos derivados de algas vermelhas como potenciadores de FPS (fator de proteção solar) em composições cosméticas já contendo um filtro solar. Os inventores afirmam que, quando adicionado a uma composição cosmética contendo protetor solar, o lipoaminoácido aumenta seu valor de FPS para até 50% ou mais, promovendo a sinergia entre os compostos ativos (Anselmi *et al.*, 2023).

A patente CN109662928A envolve uma composição cosmética para uso como creme facial fotoprotetor, com a inclusão de ingredientes ativos como extrato de algas verdes, além de diversos ingredientes hidratantes e reparadores, como ácido hialurônico e ceramidas. A composição tem como objetivo principal melhorar a função de auto-reparo das células, promover o crescimento celular, resistir aos danos UV e reparar a barreira da pele (Xuan, 2019).

No caso da patente US2022175637A1, há a proposição de uma composição fotoprotetora contendo ficobiliproteínas extraídas de algas vermelhas, para

desempenho da conversão do comprimento de onda UV, associado a filtros físicos como o dióxido de titânio, de modo a potencializar o efeito fotoprotetor do produto (Sugihara *et al.*, 2022)

A patente de número US11020340B2, descreve composições para a pele, em que a composição que desempenha atividade fotoprotetora utiliza uma biomassa derivada de algas vermelhas que, de acordo com os inventores, apresenta ótimo desempenho de proteção contra a luz UV (Seiberg; Lahanas, 2022).

Ainda, a patente CA3222853A1, trata-se de uma formulação de fotoprotetor que inclui pelo menos um MAA; dois filtros solares orgânicos - que podem ser filtros específicos para a radiação UVB ou filtros de amplo espectro que protegem tanto contra a radiação UVB quanto UVA - e pelo menos um filtro orgânico que protege especificamente contra a radiação UVA. A proposta, ao utilizar componente derivado de algas marinhas, potencializa o efeito fotoprotetor do produto, ao mesmo tempo em que diminui a concentração de filtros solares tradicionais utilizados (Thorel, 2023).

As patentes prospectadas entre 2019 e 2023 refletiram a evolução das inovações no setor de cosméticos fotoprotetores à base de algas marinhas, abrangendo tanto produtos com finalidade exclusivamente fotoprotetora quanto formulações multifuncionais, que combinam proteção solar com benefícios adicionais, como hidratação, ação antioxidante e combate ao fotoenvelhecimento. Essa diversidade de abordagens evidencia a busca por atender às demandas de consumidores cada vez mais conscientes, que valorizam produtos eficazes, sustentáveis e com benefícios integrados.

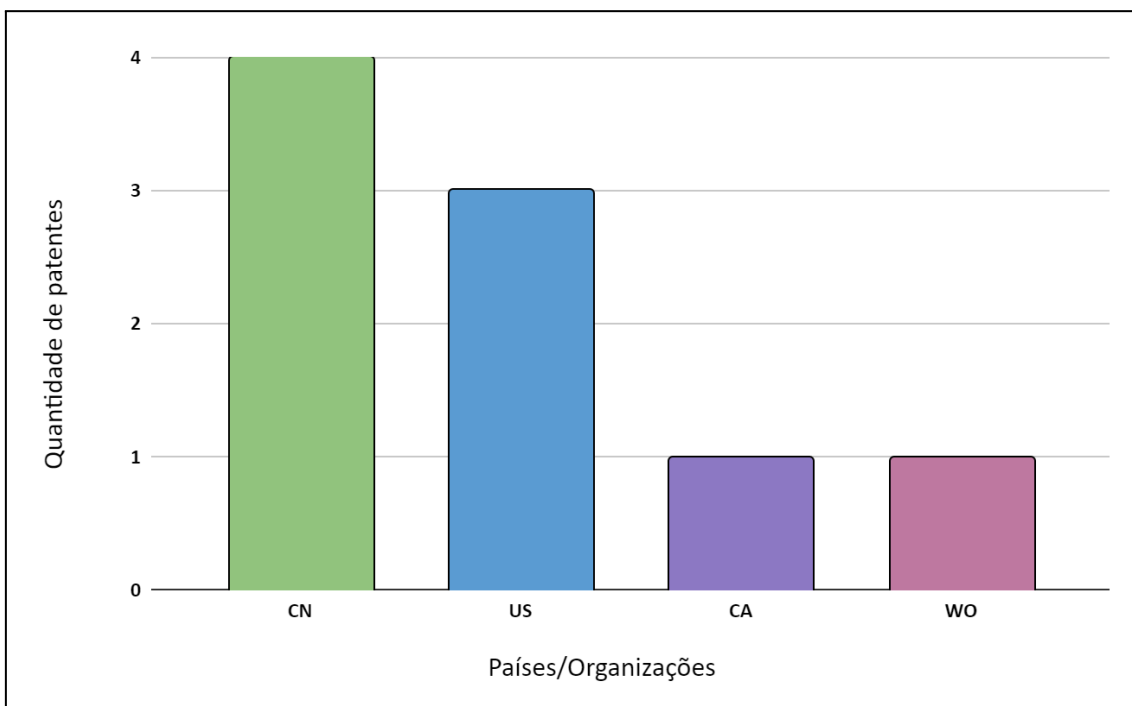
A partir dos dados identificados inicialmente, é perceptível que houve uma significativa utilização de algas marinhas como componente ativo para o desenvolvimento de cosméticos com diferentes finalidades no período prospectado. Em contrapartida, a quantidade de documentos que referiram a utilização das espécies com finalidade de fotoproteção podem fornecer informações importantes acerca de lacunas e tendências para a área de P&D.

Na Figura 6 estão demonstrados os países e organizações depositantes dos documentos referentes às invenções na base de dados Espacenet e as respectivas quantidades de patentes depositadas, no período de 2019 a 2024.

De acordo com a prospecção realizada, o país com maior quantidade de patentes depositadas no período estabelecido foi a China (CN), com 4 depósitos,

representando cerca de 44% das 9 patentes selecionadas. Em seguida, se encontra os Estados Unidos, líder do mercado consumidor mundial, com 3 patentes depositadas, representando aproximadamente 33% das patentes selecionadas.

Figura 6: Quantidade de patentes de formulações contendo algas marinhas com finalidade fotoprotetora prospectadas no período de 2019 a 2023.



Legenda: CA = Canadá; CN = China; US = Estados Unidos; WO = abreviação de *World Intellectual Property Organization* - WIPO (Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI).

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

A predominância da China no número de depósitos de patentes pode ser atribuída ao forte incentivo governamental à inovação e ao seu estabelecimento como o 2º maior mercado consumidor de cosméticos (ABIHPEC, 2024). O governo chinês tem promovido políticas que estimulam o registro de patentes, refletindo o aumento do interesse por produtos naturais e sustentáveis (OECD, 2023).

Por outro lado, os Estados Unidos, embora líder no consumo global de cosméticos, apresentam um ritmo menor de depósitos devido à maturidade do mercado e ao foco em aprimorar produtos já consolidados. Mesmo liderando o mercado consumidor global, os Estados Unidos tem uma estratégia focada em tecnologias avançadas, o que pode resultar na internacionalização das inovações de produtos já existentes, em vez de saturar o mercado local (WIPO, 2024).

A China adota uma abordagem mais agressiva em termos de crescimento industrial e proteção intelectual, o que se reflete no maior número de patentes registradas. A proximidade cultural e geográfica com regiões ricas em algas marinhas, como a Ásia-Pacífico, também favorece a exploração desse recurso natural. Assim, a liderança da China em depósitos de patentes reflete não só a sua prioridade na proteção de propriedade intelectual, mas também o alinhamento com tendências de mercado, como a busca por cosméticos naturais e sustentáveis (ABIHPEC, 2024; OECD, 2023).

O Canadá, assim como a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) representam os 30% restantes do total de patentes selecionadas, cada um com 1 patente depositada. Ambos representam um segmento relevante do mercado global de patentes, mas com um número de depósitos menor em comparação com as grandes potências como China e Estados Unidos. O Canadá, por exemplo, teve um aumento de 19,5% no número de depósitos de patentes em 2017, indicando um crescimento estável na inovação, embora os números totais ainda sejam inferiores aos de outras nações líderes em tecnologia (OECD, 2023).

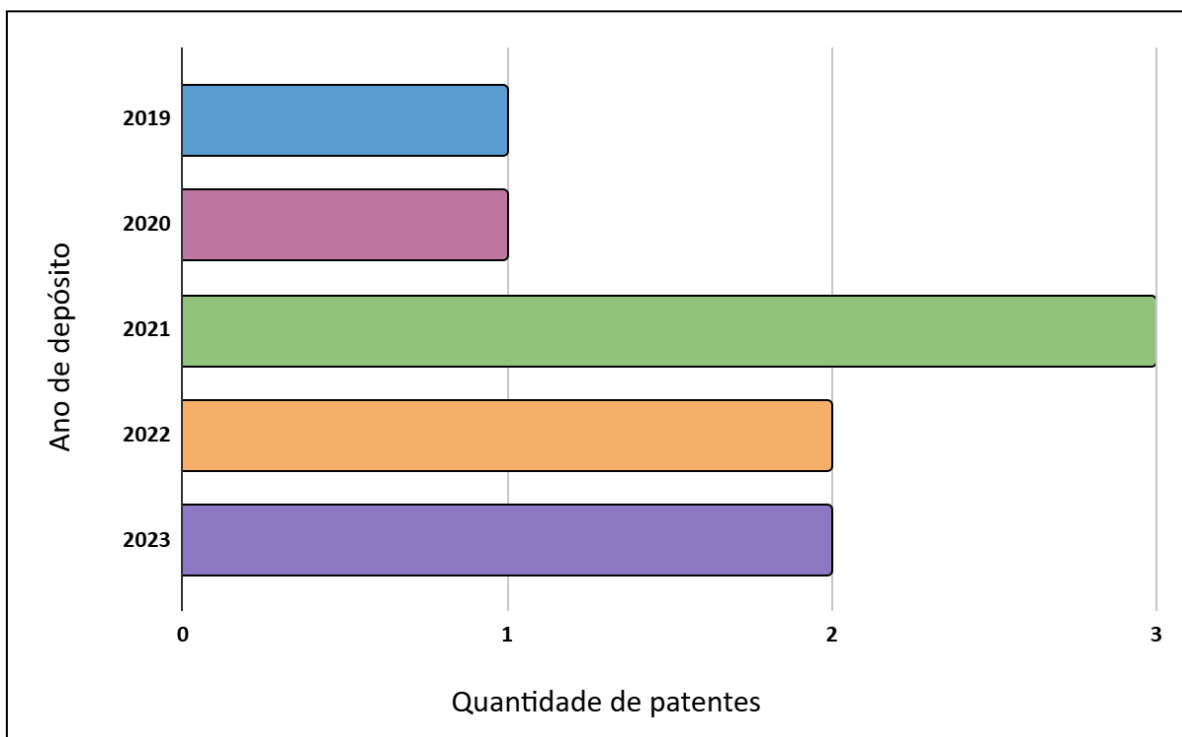
O envolvimento do Canadá e da OMPI em inovações de cosméticos fotoprotetores à base de algas pode ser explicado pela crescente demanda global por soluções cosméticas naturais e sustentáveis. No Canadá, há um incentivo significativo para o uso de ingredientes naturais, como as algas, aproveitando os recursos marinhos abundantes. A OMPI facilita o registro de patentes internacionais, permitindo a disseminação global dessas inovações, refletindo uma tendência crescente de busca por soluções ecologicamente corretas e eficazes no mercado cosmético (OECD, 2023).

Apesar de não terem sido encontradas patentes depositadas pelo Brasil no Espacenet durante o período prospectado, o país possui uma grande biodiversidade de espécies com potencial de utilização na fotoproteção, como demonstra o estudo de Dos Santos *et al.* (2023), no qual a prospecção de patentes realizada no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), banco de dados de patentes do Brasil, revelou 32 patentes que descrevem a aplicação biotecnológica de algas marinhas da costa brasileira.

Vale ressaltar que, dentre as patentes encontradas, apenas 10 foram depositadas por instituições brasileiras, dado que pode revelar lacunas e oportunidades de P&D no país (Dos Santos *et al.*, 2023).

O período em que as patentes foram depositadas se configura como um aspecto relevante para observar o impacto científico e tecnológico das algas marinhas na indústria cosmética de fotoprotetores. A Figura 7 (página 32) mostra um gráfico representando o quantitativo de patentes depositadas por ano.

Figura 7: Quantidade de patentes de formulações fotoprotetoras contendo algas marinhas prospectadas por ano no período de 2019 a 2023.



Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

O número de patentes selecionadas depositadas em 2022 e 2023 foi de 2 patentes em cada ano, representando cerca de 22% do número de patentes cada. É possível observar que há um certo crescimento e estabilização no depósito de patentes por ano, porém, em 2019 e 2020 há o menor quantitativo, com apenas 1 patente depositada por ano, representando, cada, 11,1% do total. Em 2021, este número avança para 3 patentes depositadas.

A distribuição das patentes selecionadas entre os anos de 2019 e 2023 reflete tendências e desafios enfrentados pelo setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no campo dos cosméticos fotoprotetores à base de algas marinhas, considerando fatores contextuais, econômicos, tecnológicos e ambientais específicos de cada período.

Em 2019, foi identificada uma patente entre as selecionadas, o que pode apontar para a consolidação da demanda por produtos naturais e sustentáveis na indústria cosmética. Estudos da época apontam que o consumidor moderno valoriza formulações ecológicas, especialmente aquelas que utilizam ingredientes de origem renovável, como algas marinhas. Além disso, o incremento da biotecnologia aplicada à cosmética facilitou a exploração de ativos provenientes de algas como filtros solares eficazes (Sanches-Silva *et al.*, 2020).

Apesar disso, é o ano que se encontra com número de depósito equiparado a 2020 (apenas 1 patente), destacando-se das demais épocas, o que pode ser explicado pelo impacto global da pandemia de COVID-19 que se iniciou em 2019. A emergência sanitária centralizou recursos financeiros e humanos para o enfrentamento da crise de saúde, reduzindo a capacidade de investimento em P&D em setores não prioritários (Dagnino; Pietrobelli, 2021). Além disso, as restrições nas cadeias produtivas globais e o fechamento temporário de laboratórios também podem ter contribuído para a redução das inovações nesse período.

O maior número de patentes em 2021 sugere uma retomada das atividades de P&D, possibilitada pela adaptação das indústrias à nova realidade imposta pela pandemia. A aceleração do uso de tecnologias digitais para colaboração remota em pesquisa e a reabertura de mercados são fatores que contribuíram para essa retomada (OECD, 2021). Além disso, a pressão por inovações alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pode ter estimulado a criação de produtos mais sustentáveis e inovadores, como os fotoprotetores à base de algas marinhas.

O número de patentes em 2022 (duas patentes) sugere uma estabilização na produção de inovações no setor. O ano foi marcado por uma recuperação econômica global parcial, mas também por desafios relacionados a crises climáticas e pela continuidade do interesse em soluções ambientalmente responsáveis. O uso de algas marinhas como recurso sustentável pode ter ganhado destaque devido à possibilidade de mitigar impactos ambientais (Martins *et al.*, 2022).

A manutenção do número de patentes em 2023 pode ser atribuída ao contínuo avanço de tecnologias emergentes, como biotecnologia marinha, e à crescente exigência do mercado por produtos com propriedades multifuncionais. Além disso, o aumento da conscientização sobre os efeitos nocivos da radiação

solar devido às mudanças climáticas pode ter impulsionado a busca por soluções inovadoras no setor de fotoproteção (Benetti, 2023).

O quantitativo de 9 patentes selecionadas para o estudo pode ser considerado limitado, levando em conta as 160 publicadas entre 2019 e 2023, de acordo com as classificações, mas esse comportamento pode ser justificado por alguns fatores.

Em primeiro ponto, o uso de algas marinhas em cosméticos fotoprotetores é um campo emergente, com grande potencial de crescimento, mas que exige tempo para pesquisas e desenvolvimento. As algas possuem uma variedade de compostos bioativos que podem ser utilizados em cosméticos, como antioxidantes e protetores solares, mas a produção desses compostos de forma eficaz requer técnicas de biotecnologia avançadas, que ainda estão sendo otimizadas (Ariede *et al.*, 2017; Gouveia, 2018).

Dentre estas técnicas está a Extração com Fluidos Supercríticos (SFE), que utiliza dióxido de carbono em condições de alta pressão e temperatura, permitindo a obtenção de compostos mantendo sua integridade e atividade biológica. Também há a Extração Líquido-Pressurizada (PLE), que emprega solventes em alta pressão e temperatura para uma extração eficiente, além de métodos como a Extração Assistida por Ultrassom (UAE) e a Extração Assistida por Micro-ondas (MAE), que utilizam energia de ondas acústicas e micro-ondas, respectivamente, para acelerar o processo e aumentar a solubilidade dos compostos. Já a Extração Enzimática (EAE) utiliza enzimas específicas para quebrar as paredes celulares das algas e liberar os compostos ativos de maneira direcionada (Soares *et al.*, 2022; Ferreira *et al.*, 2022; Quitério *et al.*, 2022).

Essas metodologias modernas se destacam em relação aos métodos convencionais, como a extração Soxhlet, devido ao melhor controle dos parâmetros de extração e à maior eficiência na obtenção dos bioativos, conseqüentemente, exigindo maiores custos devido a equipamentos especializados, consumo de energia e necessidade de controle preciso de parâmetros operacionais (Quitério *et al.*, 2022).

Além disso, a regulamentação rigorosa no setor cosmético, exigindo testes de segurança e eficácia dos produtos, pode reduzir o número de patentes depositadas em um curto período. O mercado exige comprovações científicas para garantir que os produtos sejam seguros para uso, especialmente quando se tratam de

cosméticos fotoprotetores que atuam diretamente na pele (Ariede *et al.*, 2017). Nesse contexto, a quantidade de patentes pode refletir tanto o tempo necessário para o desenvolvimento quanto a complexidade dos processos envolvidos.

É perceptível que o campo de cosméticos à base de algas marinhas está alinhado com a crescente demanda por produtos sustentáveis, o que tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias. Embora grande parte dos estudos anteriores tenha focado em microalgas, o uso de macroalgas está ganhando destaque, especialmente porque já existem produtos no mercado baseados em seus extratos. As macroalgas apresentam vantagens como fácil cultivo e alto rendimento de biocompostos com propriedades funcionais, como antioxidantes e fotoprotetores, promovendo inovação no setor cosmético (Rodrigues *et al.*, 2017; Lopez-hortas *et al.*, 2021; UNEP, 2023).

5.2 Algas marinhas utilizadas nas patentes prospectadas

A Tabela 2 correlaciona cada patente com as principais classificações taxonômicas pertinentes às algas descritas, fornecendo um panorama sobre a diversidade e a relevância de cada grupo na composição dos produtos investigados.

Tabela 2 - Algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas no período de 2019 a 2023.

Número de depósito	Filo	Gênero	Espécie
WO2021137647A1	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Gracilaria</i>	não especificada
		<i>Porphyra</i>	não especificada
CN112494359A	<i>Ochrophyta</i> (algas pardas)	<i>Ascophyllum</i>	não especificada
		<i>Sargassum</i>	não especificada
	<i>Chlorophyta</i> (algas verdes)	<i>Ulva</i>	<i>Ulva rigida</i>
		<i>Enteromorpha</i>	não especificada
		<i>Caulerpa</i>	não especificada
		<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Gracilaria</i>
<i>Eucheuma</i>	não especificada		
CN112022773A	<i>Ochrophyta</i> (algas pardas)	não especificado	não especificada
US2024148623A1	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Porphyra</i>	não especificada
CN116999340A	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Porphyra</i>	<i>Porphyra umbilicalis</i>
CN109662928A	<i>Chlorophyta</i> (algas verdes)	não especificado	não especificada

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tabela 2 - Algas marinhas encontradas nas patentes prospectadas no período de 2019 a 2023.
(Continuação)

Número de depósito	Filo	Gênero	Espécie
US2022175637A1	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Porphyridium</i>	<i>Porphyridium cruentum</i>
US11020340B2	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Porphyridium</i>	<i>Porphyridium cruentum</i>
			<i>Porphyridium marinum</i>
			<i>Porphyridium sp. UTEX 637*</i>
			<i>Porphyridium aerugineum</i>
			<i>Porphyridium sordidum</i>
			<i>Porphyridium purpureum</i>
CA3222853A1	<i>Rhodophyta</i> (algas vermelhas)	<i>Palmaria</i>	<i>Palmaria palmata</i>
	<i>Phaeophyta</i> (algas pardas)	<i>Laminaria</i>	<i>Laminaria ochroleuca</i>
			<i>Laminaria saccharina</i>

Legenda: *Refere-se a uma cepa específica do gênero *Porphyridium*, registrada na UTEX Culture Collection of Algae (Coleção de Cultura de Algas UTEX) - renomada coleção de culturas de microalgas mantida pela Universidade do Texas, em Austin.

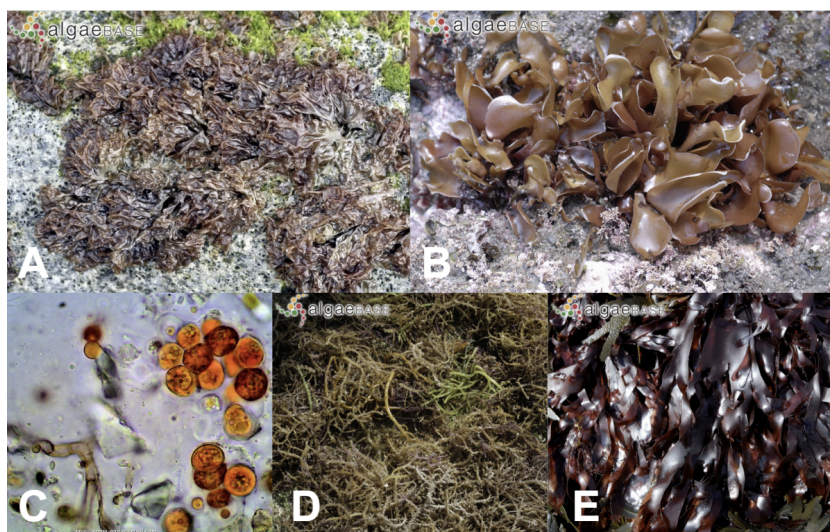
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O levantamento das algas marinhas utilizadas nas patentes selecionadas permitiu uma compreensão acerca da variedade de gêneros e espécies aplicadas nas formulações fotoprotetoras e a identificação das tendências de uso nos documentos analisados.

Observou-se que, entre as patentes selecionadas, 2 não possuem o gênero da alga utilizada especificada no conteúdo técnico, e 5 não especificaram as espécies. Esse fator infere que a formulação não limita um gênero relacionado ao filo mencionado ou uma espécie relacionada ao gênero mencionado.

Entre as algas marinhas observadas na tabela 2, as predominantemente utilizadas são as algas vermelhas, pertencentes ao filo *Rhodophyta* (presente em 7 patentes) e gênero *Porphyra* (3 patentes), seguido dos gêneros *Gracilaria* (2 patentes), *Porphyridium* (2 patentes), *Eucheuma* (1 patente) e *Palmaria* (1 patente). Na Figura 8 é possível visualizar a identificação de uma espécie de cada gênero mencionado.

Figura 8: Identificação das principais espécies de algas vermelhas encontradas nas patentes selecionadas.



Legenda: A - *Porphyra umbilicalis*; B - *Gracilaria incurvata*; C - *Porphyridium cruentum* (imagem microscópica, por se tratar de uma microalga); D - *Eucheuma denticulatum*; E - *Palmaria palmata*

Fonte: Adaptado de AlgaeBase (2024).

As algas vermelhas, pertencentes ao filo *Rhodophyta*, destacam-se pelo amplo uso em diversas aplicações, incluindo formulações cosméticas, devido à sua composição bioquímica rica em polissacarídeos sulfatados, pigmentos fotoprotetores e compostos antioxidantes. Essa riqueza bioativa explica sua predominância em produtos fotoprotetores (Fernandes-Duarte; Martins; Vasconcelos, 2023).

Por exemplo, gêneros como *Porphyra* e *Porphyridium* são conhecidos por sintetizar compostos como ficoeritrina e ficocianina, que são pigmentos acessórios da família das ficobiliproteínas e possuem propriedades antioxidantes e fotoprotetoras, sendo amplamente investigados para proteger a pele contra os efeitos dos raios ultravioleta (UV) e o estresse oxidativo associado (Fernandes-Duarte; Martins; Vasconcelos, 2023).

Ambos os gêneros sintetizam esses compostos, mas *Porphyridium* é particularmente conhecido por ser uma fonte industrial de ficobiliproteínas devido à sua facilidade de cultivo em sistemas controlados, o que fundamenta a maior gama de espécies mencionadas (Raposo *et al.*, 2013).

O gênero *Gracilaria*, por sua vez, é amplamente utilizado devido ao seu alto teor de ágar, um polissacarídeo amplamente aplicado como agente de viscosidade

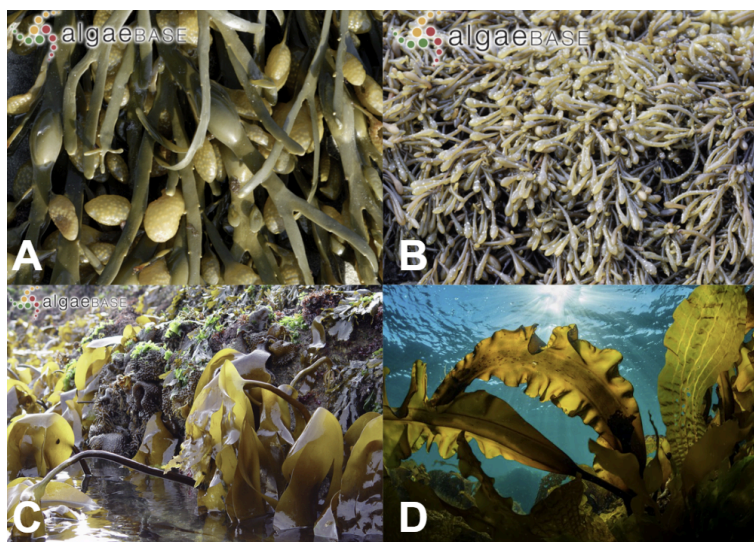
em cosméticos e que, em estudos, tem mostrado potencial para a entrega sustentada de compostos bioativos na pele (Khan *et al.*, 2021).

Da mesma forma, as espécies de *Eucheuma*, ricas em carragenana, apresentam propriedades hidratantes e formadoras de filme que contribuem para a retenção de umidade e proteção da pele contra a radiação UV (Matsui *et al.*, 2018).

O uso da *Palmaria palmata* corrobora com estudos que demonstraram que sua composição em aminoácidos essenciais e compostos fenólicos com potencial antioxidante têm sido investigados por suas propriedades protetoras e reparadoras da pele após a exposição ao sol (Stengel; Connan; Popper, 2017).

O segundo tipo de algas mais utilizado entre as patentes são as algas pardas, observadas em 3 patentes. Entre estas, 2 patentes referem a utilização do filo *Ochrophyta*, em que somente 1 patente especifica dois gêneros utilizados - *Ascophyllum* e *Sargassum*, sem limitar as espécies. Ainda, 1 patente menciona o uso do filo *Phaeophyta*, também referente a algas pardas, de gênero *Laminaria* e espécies *Laminaria ochroleuca* e *Laminaria saccharina*. Os gêneros e espécies mencionados podem ser visualizados na Figura 9.

Figura 9: Identificação das principais espécies de algas pardas encontradas nas patentes selecionadas.



Legenda: A - *Ascophyllum nodosum*; B - *Sargassum fusiforme*; C - *Laminaria ochroleuca*;

D - *Laminaria saccharina*

Fonte: Adaptado de AlgaeBase (2024).

Os dados obtidos estão de acordo com estudos que destacam as algas pardas pelo elevado teor de compostos bioativos, especialmente os polissacarídeos

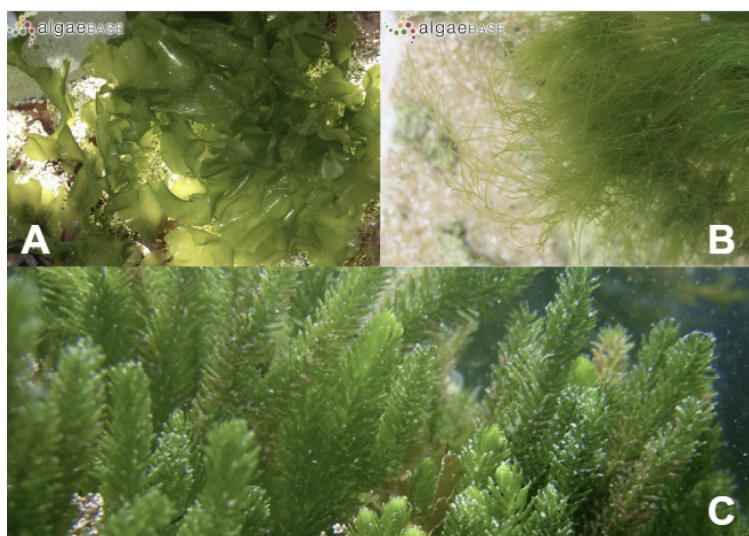
sulfatados, pigmentos carotenóides como fucoxantina e outros metabólitos secundários com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e fotoprotetoras (Li *et al.*, 2021).

Ascophyllum e *Sargassum*, gêneros citados em uma das patentes, são ricos em fucoidanos, polissacarídeos com atividades antioxidantes e imunomoduladoras. Estudos indicam que os fucoidanos contribuem para a proteção da pele contra os danos causados pela radiação UV e ajudam na regeneração cutânea (Li *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2019).

O gênero *Laminaria*, citado em outra patente, também é amplamente utilizado em cosméticos devido ao seu conteúdo em laminarina e alginatos, que possuem propriedades hidratantes, antioxidantes e de reparo cutâneo. As espécies *Laminaria ochroleuca* e *Laminaria saccharina* são especialmente ricas em fucoxantina, que além de ser um potente antioxidante, atua como um filtro natural contra a radiação UV, protegendo a pele de danos oxidativos e fotossensibilidade (Zhang *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2018).

Ainda, 2 patentes referem a utilização de algas verdes, pertencentes ao filo *Chlorophyta*, em que apenas 1 patente especifica os 3 gêneros e 1 espécie utilizados: *Ulva* (espécie *Ulva rigida*), *Enteromorpha* (que faz parte atualmente do gênero *Ulva*) e *Caulerpa*. Na Figura 10 é possível visualizar a identificação dos gêneros e espécies mencionados.

Figura 10: Identificação das principais espécies de algas verdes encontradas nas patentes selecionadas.



Legenda: A - *Ulva rigida*; B - *Ulva prolifera*; C - *Caulerpa brownii*

Fonte: Adaptado de AlgaeBase (2024).

As algas verdes são amplamente exploradas na indústria cosmética devido à sua composição rica em polissacarídeos, proteínas, aminoácidos livres e compostos bioativos com propriedades antioxidantes, hidratantes e fotoprotetoras.

A utilização do gênero *Ulva*, incluindo a espécie *Ulva rigida*, relaciona-se à produção de polissacarídeos sulfatados como a ulvana, que possui propriedades antioxidantes, imunomoduladoras e capacidade de proteger a pele contra danos induzidos por radiação UV. Esses compostos também promovem a hidratação e contribuem para a regeneração celular (Lahaye; Robic, 2017; Qi *et al.*, 2018).

Enteromorpha, conhecido por sua alta concentração de ulvana e outros compostos antioxidantes que atuam na proteção celular contra estresse oxidativo causado por radicais livres gerados pela exposição solar, é atualmente considerado parte do gênero *Ulva* após revisões taxonômicas (Kim & Mendis, 2019).

O gênero *Caulerpa*, por sua vez, é rico em compostos fenólicos e outros antioxidantes naturais, além de oferecer propriedades anti-inflamatórias e antienvhecimento. Sua aplicação em cosméticos tem sido estudada por sua capacidade de reduzir os efeitos do fotoenvelhecimento e de promover a saúde da pele exposta a agentes ambientais danosos, como a radiação UV (Khotimchenko *et al.*, 2015).

A menor utilização das algas verdes (*Chlorophyta*) pode estar relacionada ao fato de que possuem menor diversidade de metabólitos secundários com atividade fotoprotetora, como os aminoácidos tipo MAA (*mycosporine-like amino acids*), que são amplamente encontrados em algas vermelhas (*Rhodophyta*) e pardas (*Ochrophyta/Phaeophyta*). Esses compostos são reconhecidos pela sua capacidade de absorver radiação UV e proteger as células contra os danos oxidativos e mutagênicos induzidos pela luz solar (Chen *et al.*, 2018).

Além disso, a presença de pigmentos exclusivos, como a fucoxantina em algas pardas e a ficoeritrina em algas vermelhas, que têm propriedades antioxidantes e capacidade de absorver comprimentos de onda UV, fortalecem os dados obtidos, já que esses pigmentos são menos abundantes ou ausentes nas algas verdes (Kim *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2020).

A indústria cosmética frequentemente prioriza algas vermelhas e pardas devido à sua riqueza em compostos de alto valor agregado, como polissacarídeos sulfatados (carragenanas e fucoidanos) e carotenóides específicos, que são

amplamente documentados por sua eficácia em formulações cosméticas (Li *et al.*, 2021).

A pesquisa sobre algas verdes no contexto de fotoproteção tem crescido, mas ainda está em estágio inicial comparado ao conhecimento consolidado sobre os outros dois grupos. Algas como *Ulva* spp. e *Caulerpa* spp. vêm sendo estudadas recentemente por seus polissacarídeos sulfatados e compostos antioxidantes, mas ainda não atingiram o mesmo nível de aplicação industrial (Qi *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2021).

5.3 Componentes das espécies de algas marinhas utilizados responsáveis pela atividade fotoprotetora das formulações prospectadas

Entre os componentes mais relevantes extraídos das algas marinhas estão os polissacarídeos sulfatados, aminoácidos tipo MAAs (*Mycosporine-like Amino Acids*), carotenóides e outros antioxidantes, que contribuem para a proteção contra os danos causados pela radiação ultravioleta (UV). A Tabela 3 apresenta os componentes utilizados nas patentes prospectadas selecionadas.

Tabela 3 - Componentes das algas marinhas com finalidade fotoprotetora utilizados nas patentes prospectadas no período de 2019 a 2023.

Número de depósito	Componentes de algas marinhas
WO2021137647A1	Floridosídeos
CN112494359A	Oligossacarídeos
CN112022773A	Extrato de algas pardas
US2024148623A1	Gadusol, gadusporinas e micosporina
CN116999340A	Lipoaminoácidos
CN109662928A	Extrato de algas verdes - ácido cloralfítico
US2022175637A1	Ficobiliproteínas
US11020340B2	Biomassa
CA3222853A1	Aminoácidos

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A patente WO2021137647A1 descreve uma composição para proteção UV que inclui floridosídeos (glicerol galactosídeo e glicerol glicosídeo) derivados de algas vermelhas, aminoácidos, ácidos nucleicos (DNA e RNA) e nucleobases (purina e pirimidina). Especificamente, o efeito desejado para proteção UV é obtido pela alquilação de floridosídeo derivado de algas vermelhas com um composto contendo

grupo amina, aumentando a estabilidade e atividade do floridosídeo (Eunkyung; Dongjin, 2021).

Os floridosídeos são glicoesferolipídios presentes em algas vermelhas, conhecidos por suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras, que podem ajudar a proteger as células da pele absorvendo radiação UV e neutralizando radicais livres. Além disso, esses compostos contribuem para a estabilidade e funcionalidade em formulações cosméticas, aumentando a eficácia de produtos de proteção solar (Guerreiro, 2020; López, 2018).

Os aminoácidos são essenciais para a produção de colágeno e elastina, que garantem a firmeza e elasticidade da pele, enquanto os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são fundamentais para a integridade celular e resposta ao dano UV, auxiliando na reparação do DNA danificado e prevenindo mutações que podem levar ao câncer de pele. As nucleobases (purina e pirimidina), componentes do DNA e RNA, ajudam a manter a estabilidade e proteger o material genético contra a degradação oxidativa, contribuindo para a resistência das células à radiação UV (Lee, 2019).

A combinação desses ingredientes ativos indica a potencialização da proteção da pele contra danos solares, inferindo possível melhora da regeneração celular e resistência ao estresse oxidativo (Lee, 2019; Guerreiro, 2020).

A invenção exibe absorção ultravioleta em uma ampla faixa de 280 a 400 nm a partir do teste de absorção UV realizado e presente no documento técnico. O teste em questão foi realizado em triplicata, onde a composição foi submetida a um sistema específico analisador de SPF para medir a absorbância UV na faixa desejada. De acordo com os resultados, foi possível perceber um efeito de proteção UV aprimorado pela formação de ligações glicosídicas covalentes com nucleobases, nucleosídeos ou aminoácidos (Eunkyung; Dongjin, 2021).

A patente CN112494359A refere a utilização de oligossacarídeos provenientes de algas pardas, vermelhas ou verdes, não especificando um oligossacarídeo determinado, mas que seja obtido e preparado a partir do método descrito no documento técnico. A invenção também menciona a associação do oligossacarídeo derivado de algas ao aminoácido histidina. Os inventores mencionam o embasamento da eficácia em testes realizados, onde os componentes em associação apresentaram um ótimo perfil de absorção UV, mas tais testes não estão descritos no documento (Xueping, 2021).

Entretanto, a associação possui base em estudos que afirmam a relevância da histidina como um aminoácido essencial que apresenta propriedades antioxidantes e de quelação, sendo eficaz na neutralização de radicais livres e no reforço da barreira cutânea. Wang *et al.* (2021) destacam que a sinergia entre a histidina e compostos bioativos, como polissacarídeos marinhos, resulta em uma proteção superior contra danos causados pela radiação UV, ao mesmo tempo em que melhora a recuperação celular e a hidratação da pele.

A patente CN112022773A apresenta um protetor solar anti-envelhecimento que combina um extrato de algas pardas associado a um extrato de *Ganoderma lucidum*, preparado através de um processo de fermentação específico. O extrato de algas pardas utilizado foi desenvolvido por um fornecedor externo (Senxin Technology (China) Co., Ltd.). A composição inclui, ainda, associação com o filtro UVB metoxicinamato de etilhexil e com o filtro físico dióxido de titânio. A partir disso, pode-se inferir que o extrato de algas pardas não é o principal ativo fotoprotetor, mas confere um efeito complementar à formulação (Qiqing *et al.*, 2020).

O extrato de algas pardas desempenha atividade antioxidante e fotoprotetora devido aos compostos bioativos presentes, como os polissacarídeos e fucoidanos. O ingrediente pode auxiliar no bloqueio de radiação UV, no controle de danos solares e também oferecer benefícios hidratantes e anti-inflamatórios (Kang *et al.*, 2024).

Cinco indivíduos participaram de testes para determinar a eficácia do protetor solar descrito na invenção. A avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS) foi realizada com base no método especificado nas Especificações Técnicas para Segurança Cosmética (2015). Os resultados indicaram que o produto possui um FPS superior a 50, o que o torna altamente eficaz na proteção contra os raios UVB (Qiqing *et al.*, 2020).

Além disso, a proteção contra raios UVA foi avaliada por meio do valor de PFA (Proteção contra UVA de Longa Onda), utilizando também o método descrito nas Especificações Técnicas para Segurança Cosmética (2015). Conforme os resultados, o valor de PFA foi maior que 8, o que reflete excelente proteção contra os danos causados pelos raios UVA (Qiqing *et al.*, 2020).

No depósito de número US2024148623A1, a composição da formulação fotoprotetora engloba o uso de gadusol combinado com gadusporinas e MAAs. A formulação inclui ingredientes como óxido de zinco, dióxido de titânio, e o composto

micosporina-porfirina-334 para proporcionar proteção UVA/UVB (Bakalinsky et al., 2022).

Os testes de eficácia da atividade fotoprotetora foram realizados de forma comparativa *in vitro* e *in vivo*. O FPS é mencionado especificamente em alguns exemplos, como uma fórmula contendo 2% de gadusol e 1% de Porphyra-334, que resultou em FPS de 40,1, enquanto uma formulação sem a presença desses ingredientes obteve FPS de 16,6. Comprovando o efeito de sinergia dos componentes derivados de algas marinhas (Bakalinsky et al., 2022).

Na invenção CN116999340A é descrito o uso de lipoaminoácidos, sendo os aminoácidos e ácidos graxos derivados de algas vermelhas, como potenciadores de FPS. Na presente invenção, o lipoaminoácido, quando usado isoladamente, tem pouca ou nenhuma ação como fotoprotetor, no entanto, quando adicionado a uma formulação de protetor solar contendo outros filtros solares ativos, como metoxicinamato, a substância aumenta significativamente a proteção contra radiação UV, medida pelo valor do FPS, atuando de forma sinérgica (Anselmi *et al.*, 2023).

O valor do FPS do produto foi determinado *in vitro*, utilizando um espectrofotômetro Labsphere 2000S, que é capaz de fornecer dados baseados na transmitância difusa da irradiação UV. A formulação já contendo filtros solares, apresentou um aumento de 50% no FPS com a incorporação do lipoaminoácido (Anselmi *et al.*, 2023).

No documento de número CN109662928A, a composição utiliza o extrato de algas verdes, especificando a ação do ácido cloralfítico - que contém compostos fenólicos, carotenóides, ácidos graxos essenciais - abundantemente presente no extrato, como responsável pela atividade fotoprotetora. A formulação também refere a associação com outros ingredientes de origem vegetal como polissacarídeos, beta-glucana e extrato de hamamélis, com a finalidade de potencializar a ação fotoprotetora do produto (Xuan, 2019).

O teste para avaliar o efeito fotoprotetor foi realizado de acordo com o método descrito na norma QB/T 2410-1998 (mencionada no documento), que especifica a avaliação de filtros solares em cosméticos. Para isso, a avaliação foi realizada em triplicata e a absorvância foi medida na faixa de comprimento de onda de 280 a 320 nm, utilizando um espectrofotômetro UV. O efeito fotoprotetor foi avaliado com base na magnitude do valor de absorvância obtido e, a partir dos resultados, foi possível inferir que o produto é altamente eficaz na proteção contra a radiação UVB,

garantindo uma maior absorção de radiação ultravioleta nessa faixa de comprimento de onda especificada (Xuan, 2019).

Na patente US2022175637A1, as substâncias provenientes de algas vermelhas responsáveis pela atividade fotoprotetora são ficobiliproteínas associadas a outros filtros como óxido de zinco (Sugihara *et al.*, 2022).

Para comprovar a eficácia, a ficobiliproteína isolada foi utilizada como substância para conversão do comprimento de onda UV. As culturas celulares de queratinócitos humanos foram cobertas com uma solução contendo a ficobiliproteína em concentrações distintas de (0%, 0,4% e 2%) e, em seguida, expostas à radiação UV. Os resultados mostraram que na ausência da ficobiliproteína, a atividade celular diminuiu proporcionalmente ao aumento da dose de radiação UV. Com a adição de 2% da ficobiliproteína, a atividade celular não apenas foi protegida, mas também superou os níveis observados em células que não foram submetidas à radiação UV (Sugihara *et al.*, 2022).

A invenção de número US11020340B2 descreve uma composição que compreende uma biomassa de *Porphyridium* não desnaturada, processada e seca em um veículo inerte. Nos testes realizados, foi possível identificar que a composição reduz os níveis de peróxido de hidrogênio de queratinócitos endógenos em pelo menos 20%, 30%, 40% ou 50% quando a biomassa de *Porphyridium* está presente a 0,5% (ou mais) na composição (Seiberg; Lahanas, 2022).

Já na patente CA3222853A1, a composição inclui pelo menos um MAA; dois filtros solares orgânicos, que podem ser filtros específicos para a radiação UVB ou filtros de amplo espectro que protegem tanto contra a radiação UVB quanto UVA e pelo menos um filtro orgânico que protege especificamente contra a radiação UVA (Thorel, 2023).

De acordo com os autores da invenção, a partir da realização de testes de absorbância UV, a combinação de MAAs com pelo menos dois filtros UVB orgânicos e/ou agentes de proteção de amplo espectro, em presença de pelo menos um filtro UVA orgânico, resulta em um FPS significativamente maior do que a soma individual dos FPS proporcionados pelos MAAs e pelos filtros orgânicos (Thorel, 2023).

Essa sinergia permite desenvolver composições de alta proteção solar utilizando quantidades relativamente baixas de filtros orgânicos, otimizando a eficácia e reduzindo a carga química na formulação.

5.4 Importância das algas marinhas na indústria cosmética de fotoproteção

As algas marinhas têm se destacado como recursos estratégicos na indústria cosmética de fotoproteção, em virtude de sua rica composição bioquímica, incluindo polissacarídeos, carotenóides e aminoácidos. Os resultados da prospecção de patentes realizadas no período de 2019 a 2023 evidenciam a predominância de espécies dos filos Rhodophyta, Ochrophyta e Chlorophyta, utilizadas principalmente por suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras.

Neste contexto, observa-se a participação significativa de diferentes tipos de depositantes, desde pessoas jurídicas, como indústrias cosméticas que lideram a aplicação de tecnologias inovadoras, até institutos de pesquisa que contribuem para expandir o conhecimento científico e tecnológico.

A Tabela 4 apresenta a caracterização desses depositantes, trazendo as 9 patentes prospectadas selecionadas, o número de depósito no Espacenet, os seus respectivos depositantes e tipos de depositantes para elucidar o perfil dos agentes envolvidos no desenvolvimento de formulações cosméticas fotoprotetoras baseadas em algas marinhas, refletindo tendências de mercado e inovação no setor.

Tabela 4 - Caracterização dos depositantes das patentes selecionadas prospectadas no período de 2019 a 2023.

Número de depósito	Depositantes	Tipo de depositante
WO2021137647A1	ATHENA CO LTD [KR]	Pessoa Jurídica
CN112494359A	GUANGZHOU SHANGZI CHEMICAL TECH CO LTD	Pessoa Jurídica
CN112022773A	SHANGHAI CESTBON COSMETICS GROUP CO LTD	Pessoa Jurídica
US2024148623A1	GADUSOL LABORATORIES INC [US]	Pessoa Jurídica
CN116999340A	PROD GIANNI S R L	Pessoa Jurídica
CN109662928A	CHENGDU BAOZI HEALTH MAN CO LTD	Pessoa Jurídica
US2022175637A1	SHISEIDO CO LTD [JP]	Pessoa Jurídica
US11020340B2	SEIBERG CONSULTING LLC [US]	Pessoa Jurídica
CA3222853A1	NAOS INST OF LIFE SCIENCE [FR] THOREL JEAN NOEL [FR]	Instituto de pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise dos depositantes das patentes selecionadas prospectadas de 2019 a 2023 revela a predominância de pessoas jurídicas, compreendendo grandes

corporações multinacionais e empresas especializadas em cosméticos e tecnologias químicas. Entre as 9 patentes analisadas, 8 foram depositadas por pessoas jurídicas, e apenas 1 por um instituto de pesquisa em parceria com uma pessoa física. Este padrão evidencia o papel crucial das algas marinhas como recursos estratégicos para a indústria cosmética, especialmente em produtos de fotoproteção.

A predominância de empresas privadas reflete a natureza altamente competitiva e lucrativa do setor cosmético. Algas marinhas são reconhecidas por oferecer compostos bioativos que possuem propriedades fotoprotetoras, neste sentido, grandes empresas, como Shiseido Co Ltd. e Gadusol *Laboratories Inc.*, investem em inovação para atender a demandas crescentes por produtos multifuncionais e ecologicamente sustentáveis. Isso é respaldado pela busca crescente por cosméticos naturais, que registram um aumento constante no mercado global devido à conscientização ambiental e preferência dos consumidores por produtos de origem natural (Santos; Almeida, 2021; Oliveira *et al.*, 2020).

A presença de um instituto de pesquisa (*NAOS Institute of Life Science*) é notável, pois reflete a colaboração entre setores acadêmico e industrial para a inovação tecnológica. Instituições de pesquisa desempenham um papel essencial no desenvolvimento de novos conhecimentos e tecnologias que empresas podem posteriormente comercializar. Esse modelo de parceria também sugere que a pesquisa em algas marinhas continua a ser um campo de exploração científica promissor, principalmente em áreas que exigem avanços em eficiência e sustentabilidade (Silva *et al.*, 2019; Lima; Costa, 2021).

A predominância de pessoas jurídicas nas patentes pode ser atribuída à necessidade de recursos significativos para o desenvolvimento de tecnologias cosméticas. O processo de desenvolvimento, que inclui isolamento de compostos, testes de eficácia e regulação, é oneroso, favorecendo empresas que podem alocar grandes orçamentos para a área de pesquisa e desenvolvimento (P&D). No entanto, a participação do instituto de pesquisa ressalta a importância das instituições acadêmicas na viabilização de soluções inovadoras que beneficiam tanto o mercado quanto a ciência.

A quantidade limitada de institutos de pesquisa em comparação com empresas privadas pode ser explicada pela crescente comercialização de tecnologias baseadas em algas. Essa dinâmica incentiva instituições a licenciar suas

inovações a grandes empresas, que possuem maior capacidade de escalar produtos para o mercado (Santos; Oliveira, 2022; Morais *et al.*, 2020).

A utilização de algas marinhas na formulação de cosméticos fotoprotetores tem ganhado destaque devido às suas propriedades benéficas e ao potencial de oferecer alternativas sustentáveis aos filtros solares tradicionais. No entanto, é fundamental analisar a acessibilidade e os custos associados à extração de algas marinhas em comparação com as fontes vegetais e sintéticas comumente utilizadas.

A coleta de algas marinhas envolve desafios logísticos e ambientais. Embora sejam recursos renováveis, a extração sustentável requer infraestrutura adequada para colheita e processamento, o que pode elevar os custos iniciais. Além disso, fatores como sazonalidade e disponibilidade geográfica podem influenciar a oferta e o preço das algas. Por exemplo, pesquisadores da Universidade Federal do Ceará desenvolveram um método para extrair produtos de algas do litoral cearense, destacando a necessidade de processos eficientes para viabilizar a produção em larga escala (Guimarães, 2023).

Em contrapartida, os filtros solares sintéticos são produzidos em massa, beneficiando-se de processos industriais consolidados que permitem a fabricação em grande escala a custos relativamente baixos. No entanto, a crescente demanda por produtos naturais e sustentáveis tem impulsionado a pesquisa por alternativas, como o uso de extratos vegetais. Estudos indicam que extratos de plantas como o Ginkgo biloba apresentam atividade fotoprotetora significativa, podendo ser incorporados em formulações cosméticas (Pinto, 2013).

É importante notar que, embora os extratos vegetais ofereçam benefícios, a variabilidade na composição química e a necessidade de padronização podem impactar os custos de produção. Além disso, a extração de compostos ativos de plantas terrestres pode exigir o uso de solventes e processos que aumentam o custo final do produto. Por outro lado, tecnologias emergentes, como a extração assistida por ultrassom, têm sido exploradas para aumentar a eficiência e reduzir os custos na obtenção de compostos de algas marinhas (Coelho, 2008; Pinto, 2013).

Nesse sentido, a incorporação de algas marinhas em cosméticos fotoprotetores apresenta vantagens em termos de sustentabilidade e propriedades funcionais. Contudo, a acessibilidade e os custos de extração devem ser cuidadosamente avaliados em comparação com fontes vegetais e sintéticas tradicionais. O desenvolvimento de tecnologias de extração mais eficientes e a

implementação de práticas de cultivo sustentável podem contribuir para a viabilidade econômica e ambiental do uso de algas marinhas na indústria cosmética (Coelho, 2008; Guimarães, 2023).

Este panorama reflete não apenas o potencial econômico das algas marinhas, mas também o avanço de sua aplicação no setor cosmético, consolidando seu papel como fontes renováveis e valiosas para a fotoproteção e cuidado com a pele.

Este panorama reflete não apenas o potencial econômico das algas marinhas, mas também o avanço de sua aplicação no setor cosmético, consolidando seu papel como fontes renováveis e valiosas para a fotoproteção e cuidado com a pele.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de formulações cosméticas fotoprotetoras à base de algas marinhas demonstra um campo promissor, alinhando-se às demandas por produtos eficazes, seguros e sustentáveis no mercado de fotoproteção. Este trabalho, ao realizar uma prospecção de patentes no setor, evidenciou a crescente utilização de compostos derivados de algas como filtros solares, reforçando sua relevância para a cosmetologia e a indústria como um todo.

As algas marinhas destacam-se por sua rica composição em polissacarídeos, antioxidantes, vitaminas e pigmentos naturais, que proporcionam propriedades fotoprotetoras, antioxidantes e hidratantes. Esses ingredientes não apenas oferecem proteção contra os danos causados pelos raios ultravioleta, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental, ao utilizar recursos renováveis e biodegradáveis. Essa abordagem atende às expectativas dos consumidores, cada vez mais conscientes sobre os impactos ambientais e em busca de produtos que equilibrem desempenho e responsabilidade ambiental.

O levantamento de patentes revelou que espécies de algas dos filos *Rhodophyta* (algas vermelhas) e *Ochrophyta* (algas pardas) estão entre as mais recorrentes em formulações fotoprotetoras, o que evidencia o vasto leque de possibilidades para a exploração de novos compostos bioativos. No entanto, reforça também a necessidade de maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento na área, tanto para aprofundar o conhecimento sobre essas espécies e viabilizar sua aplicação em larga escala, como para a exploração da biodiversidade dos tipos de algas com potencial de aplicação em cosméticos fotoprotetores.

Os dados analisados também refletem o alto nível de investimento e interesse da indústria na exploração desses ingredientes naturais. A presença de um instituto de pesquisa como depositante reflete a contribuição essencial da academia na geração de conhecimento e na inovação tecnológica, corroborando a importância da colaboração entre o setor acadêmico e industrial para o avanço do setor cosmético.

Ademais, a relevância do mercado de produtos fotoprotetores foi evidenciada por dados econômicos recentes, que indicam crescimento significativo no segmento de “Sun Care” tanto global quanto nacionalmente. O Brasil, como um dos maiores mercados de cosméticos do mundo, está bem posicionado para liderar inovações neste setor, apesar de não ter aparecido nas patentes prospectadas.

Os desafios associados aos filtros UV convencionais, que incluem toxicidade ambiental e potencial para causar reações adversas em seres humanos, reforçam a necessidade de alternativas mais seguras. O uso de algas marinhas como fonte de compostos bioativos se apresenta como uma solução viável, alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Essa perspectiva não apenas incentiva o desenvolvimento de produtos inovadores, mas também promove a valorização de recursos naturais de forma responsável e eficaz.

Por fim, o presente estudo contribui para a relevância do potencial das algas marinhas no campo da fotoproteção, incentivando futuras investigações e desenvolvimento de tecnologias que integrem sustentabilidade e eficiência. Este panorama fortalece a relevância de inovações baseadas em biotecnologia no contexto da indústria cosmética, reafirmando a importância da sinergia entre ciência, mercado e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AMBERG, N.; FOGARASSY, C. Green Consumer Behavior in the Cosmetics Market. **Resources**, v. 8, n. 137, p. 1-19, 2019.

AMERICAN CANCER SOCIETY (ACS). **Skin Cancer Facts & Figures**. 2024. Disponível em: <https://www.cancer.org/cancer/skin-cancer.html>. Acesso em: 24 abr. 2024.

AMPARO, K. K; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012.

ANSEMI C.; CHINTINI M.; JAMPA M. C.; SEGA A.; SIGNORI G. Lipoamino acid alkyl esters as SPF potentiators. Titular: **Prod Gianni S. R. L.** CN n. CN116999340A. Depósito: 29 abr. 2022. Concessão: 11 jul. 2023. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/088560603/publication/CN116999340A?q=pn%3DCN116999340A>. Acesso em: 06 Dez. 2024.

ARIEDE, M. T.; MARTINS, V. H. A.; SOUZA, L. H. M.. Cosméticos e algas: Aplicações e bioativos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 53, n. 4, p. 537-549, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/dfXGvqFyptgnz7w8hx6rT3/?lang=pt>. Acesso em: 2 dez. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). **A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos Essencial para o Brasil**. São Paulo: ABIHPEC, 2022. Disponível em: https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2021/04/Panorama-do-Setor_Atualizado_1904.pdf. Acessado em: 31 de Mar 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). **Panorama do Setor 2023-2024**. São Paulo: ABIHPEC, 2024. Disponível em: https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2024/02/Panorama-do-Setor_Atualizado_18.11.24.pdf. Acesso em: 21 nov. 2024.

BAKALINSKY, A. T.; ALMABRUK, K. H.; PETTINGER, K.; PALEFSKY, I.; SRIPENG A.; ALEXANDER, N. Gadusol And Gadusporine Compound Formulations For Topicals. Titular: **Gadusol Laboratories Inc.** US n. US2024148623A1. Depósito: 01 mar. 2021. Concessão: 09 set. 2022. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/083154446/publication/US2024148623A1?q=pn%3DUS2024148623A1>. Acesso em 06 Dez. 2024.

BENETTI, D. Advances in marine biotechnology for innovative personal care products. **Marine Drugs**, v. 21, n. 4, p. 234–251, 2023.

BRASIL. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Patentes**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 629**, de 10 de março de 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6407780/RDC_629_2022_.pdf/8afdb838-af85-4690-a9f7-842ba38119ee. Acesso em: 22 abr. 2024.

CHEN, M.; RUBIN, G. M.; JIANG, G.; RAAD, Z.; DING, Y. Biosynthesis and Heterologous Production of Mycosporine-Like Amino Acid Palythines. **Marine Drugs**, v. 15, n. 11, p. 326, 2018.

COELHO, L. C. S. Protetor Solar: Desenvolvimento Farmacotécnico e Avaliação. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). **Universidade Federal de Pernambuco**. Recife. 2008.

COLLINI, E. Carotenoids in photosynthesis: the revenge of the “accessory” pigments. **Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 494-495, 2019.

COSMETIC INNOVATION. **As mudanças do século XXI e a proteção solar**. 1 mar. 2018. Disponível em: <https://cosmeticinnovation.com.br/as-mudancas-do-seculo-xxi-e-protecao-solar/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DAGNINO, G. B.; PIETROBELLI, C. Pandemic shocks and firm dynamics: Research and policy challenges. **Journal of Industrial and Business Economics**, v. 48, p. 487–500, 2021.

ENRICH, C. **What is Fitzpatrick skin type?**. 2024. Disponível em: <https://www.enrichclinic.com.au/what-is-fitzpatrick-skin-type/>. Acesso em: 22 abr. 2024.

EUNKYUNG, P.; DONGJIN, W. UV Blocking Composition Comprising Red Algae-Derived Floridoside And Amine Group-Containing Compound. Titular: **Athena Co. Ltd.** WO n. WO2021137647A1. Depósito: 30 dez. 2019. Concessão: 08 jul. 2021. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/076686718/publication/WO2021137647A1?q=pn%3DWO2021137647A1>. Acesso em 06 Dez. 2024.

FERREIRA, R.; SOARES, C.; DELERUE-MATOS, C.; QUITÉRIO, E. A critical comparison of the advanced extraction techniques applied to obtain health-promoting compounds from seaweeds. **Marine Drugs**, v. 20, n. 11, p. 677, 2022.

FERNANDES-DUARTE, M. A.; MARTINS, A.; VASCONCELOS, V. Recent advances in the study of antioxidant and photoprotective properties of phycobiliproteins from red algae. **Journal of Applied Phycology**, v. 35, n. 3, p. 837-850, 2023.

FERNANDES, J. B. **Metabólitos de algas marinhas com potencial ação antioxidante e fotoprotetora para uso cosmético**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

FITZPATRICK, T. B. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. **Archives of Dermatology**, Chicago, v. 124, n. 6, p. 869-871, 1988.

FREITAS, M. A. R.; FARIA, P. J.; TORMIN, L. M.; ROCHA, J. S. B. Prevalência de uso de fotoproteção e fatores associados em feirantes. **BDEFN**, v. 13, n. 5, p. 249-254, 2021.

GANESAN, P.; MATSUBARA, K.; OHKUBO, T. Marine algal carotenoids: Valuable antioxidants for the prevention of oxidative stress-related diseases. **Applied Sciences**, v. 10, n. 6, p. 1953, 2020.

GHENDOV-MOSANU, A.; PODEA, P.; STURZA, R. Efficient Extraction of Total Polyphenols from Apple and Investigation of Its SPF Properties. **Molecules**, v. 27, n. 5, p. 1679, 2022.

GOUVEIA, L. Algae in the production of bioactive compounds for cosmetic applications. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, p. 125-133, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-008-9320-9>. Acesso em: 2 dez. 2024.

GUERREIRO, T. S. Antioxidant and photoprotective properties of red algae extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 4, n. 5, p. 165, 2020.

GUIMARÃES, E. AGÊNCIA UFC. **Pesquisadoras da UFC criam método para extrair produtos de algas do litoral cearense para a indústria alimentícia**. Agência UFC, 2021. Disponível em: <https://agencia.ufc.br/pesquisadores-da-ufc-criam-metodo-para-extrair-produtos-de-algas-do-litoral-cearense-para-a-industria-alimenticia/>. Acesso em: 23 de Dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **Estimativa 2023: Incidência de Câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2023-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KANG, Y.; LEE, S.; CHO, H.; PARK, J.; LEE, J.; KIM, T.; OH, H. Fucoïdans from brown seaweed and their benefits in skin protection. **Marine Drugs**, v. 22, n. 3, p. 109, 2024.

KAWABATA, K.; MIYOSHI, A.; NISHI, H. Photoprotective Effects of Selected Polyphenols and Antioxidants on Naproxen Photodegradability in the Solid-State. **Photochem**, v. 2, n. 4, p. 880-890, 2022.

KHAN, M. I.; LEE, M. C.; Shin, T. S. Development of agar-based hydrogel: Structural characteristics and potential applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 168, n. 4, p. 212-222, 2021.

KHOTIMCHENKO, S. V.; VASKOVSKY, V. E.; TITLYANOVA, T. V. Fatty acids of marine algae from the Pacific coast of North California. **Botanica Marina**, v. 45, n. 1, p. 17-22, 2015.

KIM, S. K.; MENDIS, E. Bioactive compounds from seaweeds and their potential applications. **Marine Drugs**, v. 17, n. 7, p. 415, 2019.

KIM, S. K.; KARRI, V. Marine algae: a potential source for cosmeceuticals. **Algae**. Seoul, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2019.

KIM, K. N., HEO, S. J.; KANG, S. M. The role of fucoxanthin in skin health: From molecular to clinical perspectives. **Journal of Dermatological Science**, v. 92, n. 1, p. 15-22.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. **Prospecção Tecnológica**. Volume 2. Rio de Janeiro, RJ: Senai. 2004.

LAHAYE, M.; ROBIC, A. Structure and function properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. **Biomacromolecules**, v. 8, n. 6, p. 1765–1774, 2017.

LATHA, M. S.; MARTIS, J.; SHOBBA, V.; SHAM SHIDE, R.; BANGERA, S.; KRISHNANKUTTY, B.; BELLARY, S.; VARUGHESE, S.; RAO, P.; NAVEEN KUMAR, B. R. Sunscreening agents: A review. **Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology**, v. 13, n. 6, p. 42-48, 2020.

LEE, J. H. The Protective Role of Nucleobases Against UV-Induced Damage. **Journal of Dermatological Science**, v. 8, n. 11, p. 314 - 315, 2019.

LI, Y.; KIM, S.; K.; NAM, K. W. (2021). Fucoidans as potential natural ingredients for photoprotection and skin regeneration. **Marine Drugs**, v. 19, n. 3, p. 122-138, 2021.

LIMA, T.; COSTA, M. C. **A importância da colaboração entre academia e indústria para inovação em cosméticos**. Volume 1. Fortaleza: Editora Científica, 2021.

LOPES, L.; SILVA, A.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J.; SANTOS, P. Sustainability in the cosmetics industry. **Journal of Cosmetic Science**, v. 71, n. 2, p. 121-130, 2020.

LÓPEZ, AI. Cosmetic applications of red algae-derived floridosides in UV protection. **Marine Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 76-78, 2018.

LOPEZ-HORTAS, L.; FLÓREZ-FERNÁNDEZ, N.; TORRES, M. D.; FERREIRA-ANTA, T.; CASAS, M. P.; BALBOA, E. M.; FALQUÉ, E.; DOMÍNGUEZ, H. Applying seaweed compounds in cosmetics, cosmeceuticals and nutricosmetics. **Marine Drugs**, v. 19, n. 10, p. 552, 2021.

LORIGO, M.; CAIRRAO, E. Antioxidants as stabilizers of UV filters: An example for the UV-B filter octylmethoxycinnamate. **Biomed Dermatol**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2019.

MAEDA, R.; HOSOKAWA, M. Marine algae as a potential source for antioxidant biocompounds: A review. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 9, n. 1, p. 90, 2021.

MARTINS, B. Seaweeds as a source of sustainable ingredients for personal care products: Current and future perspectives. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, n. 2, p. 1329–1344, 2022.

MATSUI, M. S.; HSIA, A.; MILLER, J. D. Potential uses of marine algae-derived sulfated polysaccharides in cosmetics. **Journal of Cosmetic Science**, v. 54, n. 3, p. 305-314, 2018.

MORAIS, P. R.; FONSECA, A. R.; PEREIRA, D. B. **Exploração de recursos naturais para cosméticos: um estudo de caso**. Porto Alegre, 2020.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 jun. 2024.

OLIVEIRA, J. F.; SILVA, M. R.; PEREIRA, L. C. **O uso de algas na indústria cosmética**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio, 2020.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Innovation and Intellectual Property Policies in Emerging Economies**. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/intellectual-property-statistics.html>. Acesso em: 28 set. 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **The impact of the COVID-19 pandemic on research and development**. Paris: OECD Publishing, 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/the-impact-of-covid-19-pandemic-on-research-and-development.html>. Acesso em: 28 set. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Cancer**. Disponível em: <https://www.who.int/cancer>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Ultraviolet radiation and health**. 2024. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-ultraviolet-\(uv\)](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-ultraviolet-(uv)). Acesso em: 24 abr. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável 2021-2030**. 2024. Disponível em: <https://www.oceandecade.org>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PANDIT, S. A.; GHOSH, S. Prospects of patent landscape analysis and its application in industrial R&D management. **World Patent Information**, v. 42, p. 19-25, 2015.

PFEIFER, G. P.; LEHMAN, T. A. The central role of DNA damage in the cellular effects of UV radiation. **Radiation Research**, New York, v. 190, n. 4, p. 241-258, 2018.

PINTO, J. E. S. Estudo da atividade fotoprotetora de diferentes extratos vegetais e desenvolvimento de formulações cosméticas. In: **Encontro Internacional De Produção Científica Cesumar**, 9. Anais. 2013. Maringá.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP). **Seaweed farming: assessment on the potential of sustainable upscaling for climate, communities and the planet**. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2023.

QI, H.; ZHANG, Q.; ZHAO, T.; CHEN, R.; ZHANG, H.; NANNAN, X. Sulfated polysaccharides from green seaweeds *Ulva* spp.: Biological activities and potential applications. **Algae**, v. 32, n. 3, p. 261-274, 2017.

QI, H.; ZHAO, T.; ZHANG, Q.; LI, Z.; ZHAO, Z. Antioxidant activities of different sulfated polysaccharides from *Ulva pertusa*. **International Journal of Biological Macromolecules**, n. 62, p. 175–180, 2018.

QUITÉRIO, E.; GROSSO, C.; FERREIRA, R.; SOARES, C.; DELERUE-MATOS, C. A critical comparison of the advanced extraction techniques applied to obtain health-promoting compounds from seaweeds. **Marine Drugs**, v. 20, n. 11, p. 677, 2022.

RAPOSO, M. F.; MORAIS, A. M.; MORAIS, R. M. Bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. **Marine Drugs**, v. 11, n. 1, p. 233-252, 2013.

RINCÓN-VALENCIA, S.; MEJÍA-GIRALDO, J. C.; PUERTAS-MEJÍA, M. A. Algae Metabolites as an Alternative in Prevention and Treatment of Skin Problems Associated with Solar Radiation and Conventional Photo-protection. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 58, n. 6, p. e201046, 2022.

RODRIGUES, A. Microalgae: A promising source of antioxidants for the development of new cosmetic formulations. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 214-222, 2017.

ROSIC, N. N. Mycosporine-Like Amino Acids: Making the Foundation for Organic Personalised Sunscreens. **Marine Drugs**, v. 17, n. 11, p. 638, 2019.

QIQING, Z.; JUNJIAO, S.; PENG, S.; HAILI, Y.; XUYOU, S. Anti-aging sunscreen cream and preparation method thereof. Titular: **Shanghai Cestbon Cosmetics Group Co Ltd**. CN n. CN112022773A. Depósito: 29 set. 2020. Concessão: 04 dez. 2020. Disponível em:
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/073572581/publication/CN112022773A?q=pn%3DCN112022773A>. Acesso em 06 Dez. 2024.

SANCHES-SILVA, A.; COSTA, D.; ALBUQUERQUE, T. G.; BUONOCORE, G. G.; RAMOS, F.; CASTILHO, M. C.; MACHADO, A. V.; COSTA, H. S. Trends in the use of natural antioxidants in active packaging: A sustainable response to current consumer demands. **Food Additives & Contaminants: Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment**, v. 31, n. 3, p. 374-395, 2014.

SANTOS, A. P.; ALMEIDA, R. M. **Cosméticos e as novas tendências de mercado**. 1ª ed. São Paulo: Editora Cosmética e Beleza, 2021.

SANTOS, M. S.; OLIVEIRA, D. P.; RAMOS, T. L. **Avanços em tecnologias cosméticas sustentáveis**. 1ª ed. Curitiba: Editora Verde, 2022.

SEIBERG, M.; LAHANAS, K. Compositions containing natural products and use thereof for skin. Titular: **Seiberg Consulting LLC**. US n. US11020340B2. Depósito: 06 mar. 2018. Concessão: 01 jun. 2021. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://worldwide.espacenet.com/patent//search/publication/US11020340B2&sa=D&source=docs&ust=1733846978247102&usg=AOvVaw3jTy-0S-jgywAryeC2Qpv9>. Acesso em: 06 Dez. 2024.

SILVA, L. H.; COSTA, J. P.; SOUZA, R. F. **Pesquisa acadêmica e inovação tecnológica em biotecnologia**. Belo Horizonte: Instituto de Pesquisa Biológica, 2019.

SINHA, R. P.; HÄDER, D. P. UV-protective and antioxidant properties of MAAs. **Marine Drugs**, v. 17, n. 3, p. 123, 2019.

SOARES, C.; FERREIRA, R.; DELERUE-MATOS, C.; QUITÉRIO, E. A critical comparison of the advanced extraction techniques applied to obtain health-promoting compounds from seaweeds. **Marine Drugs**, v. 20, n. 11, p. 677, 2022.

DOS SANTOS, G. S.; DE SOUZA, T. L.; TEIXEIRA, T. R.; BRANDÃO, J. P. C.; SANTANA, K. A.; BARRETO, L. H. S.; CUNHA, S. S.; DOS SANTOS, D. C. M. B.; CAFFREY, C. R.; PEREIRA, N. S.; SANTOS JÚNIOR, A. F. Seaweeds and corals from the brazilian coast: review on biotechnological potential and environmental aspects. **Molecules**, v. 28, n. 11, p. 4285, 2023.

SOUZA, M. C. M. R. Câncer de pele: hábitos de exposição solar e alterações cutâneas entre agentes de saúde em um município de Minas Gerais. **BDEF**, v.6, n.1, p. 1945-1956, 2016.

SHETTY, N.; SCHALKA, S.; LIM, H.W. The effects of UV filters on health and the environment. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 8, n. 143, p. 1-9, 2023.

STENGEL, D. B.; CONNAN, S.; POPPER, Z. A. Algal chemodiversity and bioactivity: Sources of natural variability and implications for commercial application. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 5, p. 483-501, 2017.

SUGIHARA M.; RYOYA, I.; MIYAZAWA K.; KANEMARU T.; GILLET R.; MCCARTHY B. Composition Containing Ultraviolet Wavelength-Converting Substance And Hydrophobized Silica And/Or Hydrophobized Starch. Titular: **Shiseido Co. Ltd**. US n. US2022175637A1. Depósito: 05 abr. 2019. Concessão: 09 jun. 2022. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/072667662/publication/US2022175637A1?q=pn%3DUS2022175637A1>. Acesso em 06 Dez. 2024.

THOREL, J. N. Anti-Sun Cosmetic Composition Containing Mycosporine-Like Amino Acids. Titular: **Naos Inst. Of Life Science**. Depósito: 07 jul. 2022. Concessão: 01 dez. 2023. Disponível em:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/078536289/publication/CA3222853A1?q=pn%3DCA3222853A1>. Acesso em: 06 Dez. 2024.

TIWARI, A.; BUCHBINDER, S.; BEWERSDORFF, A. Patent Analytics: A Tool for Strategic R&D Planning. **Journal of Business Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 24-36, 2016.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Principles of Anatomy and Physiology**. 15^a ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2017.

WANG, H.; ZONG, W.; TANG, X.; ZHANG, J. Marine polysaccharides and their promising anti-photoaging properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 3 n. 207, p. 54-61, 2019.

WANG, S. Q.; XU, H. Photoprotection: a review of the current and future technologies. **Dermatologic Therapy**, Hoboken, v. 33, n. 3, p. e13232, 2020.

WANG, W.; XU, S.; LIANG, Y.; ZHAO, L.; HAN, X.; ZHOU, Y.; XU, Y. Bioactive compounds from *Caulerpa* species (Caulerpaceae, Chlorophyta): Therapeutic potential and applications. **Marine Drugs**, v. 19, n. 9, p. 478, 2021.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **WIPO IP Statistics Data Center**. Geneva: WIPO, 2024. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator>. Acesso em: 2 nov. 2024.

WRZESINSKI, J. Avaliação da quantidade de filtro solar aplicada por acadêmicos de medicina em relação à quantidade adequada para uma fotoproteção eficiente. **Rev. méd. Paraná**, v.77, n.1, p. 26-32, 2019.

XUAN, S. Skin care composition with sunscreen repair effect and application and preparation method thereof. Titular: **Chengdu Baozi Health Man Co Ltd**. CN n. CN109662928A. Depósito: 14 fev. 2019. Concessão: 23 abr. 2019. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/066151218/publication/CN109662928A?q=pn%3DCN109662928A>. Acesso em: 06 Dez. 2024.

XUEPING, P. Preparation method of seaweed oligosaccharide and application of seaweed oligosaccharide in anti-aging cosmetics. Titular: **Guangzhou Shangzi Chemical Tech Co Ltd**. CN n. CN112494359A. Depósito: 15 dez. 2019. Concessão: 16 mar. 2021. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/074972473/publication/CN112494359A?q=pn%3DCN112494359A>. Acesso em 06 Dez. 2024.

ZHANG, Y.; WANG, X.; SHI, Z. Fucoxanthin: A promising bioactive compound from marine sources for cosmeceuticals. **Pharmaceutical Biology**, v. 58, n. 1, p. 978-991, 2020.