

MAPEAMENTO PATENTÁRIO E ANÁLISE GLOBAL DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii*

H. F. Nascimento¹, D. Tinôco², A. L. A. Vendramini^{2,3}

¹Mestranda em Tecnologia para o Desenvolvimento Social, Rio de Janeiro, Brasil,
(hingridynascimento2@gmail.com)

²Departamento de Engenharia Bioquímica, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

³Programa de Pós-Graduação de Tecnologia para o Desenvolvimento Social, Núcleo Interdisciplinar para o Desenvolvimento Social, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

A demanda por recursos marinhos tem impulsionado inovações em macroalgas, com destaque para *Kappaphycus alvarezii*. Este estudo analisou patentes para determinar o nível de desenvolvimento tecnológico dessa espécie. Filipinas e China dominam o cenário global, enquanto o Brasil surge como mercado estratégico para multinacionais. As aplicações em alimentos e beleza lideram os depósitos. Uma maturidade industrial é observada, porém com fortes assimetrias locais entre produção de biomassa e inovação.

Palavras-chave: Macroalgas; Algas marinhas; *Eucheuma cottonii*; Maturidade Tecnológica; Propriedade Intelectual.

INTRODUÇÃO

O mercado global de algas marinhas foi avaliado em aproximadamente US\$ 9,7 bilhões em 2025, com estimativa de alcançar cerca de US\$ 19,1 bilhões até 2034, a uma taxa de crescimento anual composta de 7,8% no período 2026-2034 (Imarc Group, 2026). Além do potencial econômico, o cultivo de algas marinhas está alinhado com os princípios da produção sustentável baseada na Economia Azul. Do ponto de vista ambiental, as algas marinhas podem mitigar cerca de 20 toneladas de CO₂ por hectare por ano, sem a necessidade de água doce ou a competição por terras agricultáveis (Hargreaves *et al.*, 2013).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção aquícola em 2025 foi de aproximadamente 39 milhões de toneladas de algas (FAO, 2026). Desse montante, mais de 50% tem sido atribuído às algas vermelhas. Essa realidade pode ser justificada pela facilidade de cultivo e alto teor de polissacarídeos exclusivos (40–50% do peso seco), principalmente κ -carragenina e ágar, presentes nesse tipo de alga (Rudke *et al.*, 2020).

As algas vermelhas (filo *Rhodophyta*) reúnem entre 4.000 e 7.300 espécies conhecidas, das quais alguns gêneros apresentam elevada importância comercial, incluindo *Gelidium*, *Gracilaria*, *Chondrus*, *Kappaphycus* e *Hypnea* (Biris-Dorhoi *et al.*, 2020). A

espécie *Kappaphycus alvarezii*, também conhecida como *Cottonii* ou *Eucheuma cottonii*, é uma das algas vermelhas mais cultivadas globalmente para a extração de κ -carragenina, devido às suas rápidas taxas de crescimento, com ciclos de colheita de apenas 45 a 60 dias, além de elevados rendimentos de polissacarídeos, o que tem aumentado o seu interesse comercial nos últimos anos (Periyasamy *et al.*, 2019). Benefícios socioambientais do cultivo de *K. alvarezii* também têm sido reportados. Normalmente realizada por comunidades costeiras de baixa renda e cooperativas formadas por mulheres, a produção dessa macroalga representa uma importante fonte de renda alternativa à pesca tradicional local (Niti Aayog, 2024).

O tipo específico de carragenina produzido por *K. alvarezii* exibe capacidades de gelificação e estabilização, o que a tornam valiosa para aplicações industriais (Rupert *et al.*, 2022). Historicamente, o principal destino da carragenina tem sido a indústria alimentícia, representando de 70 a 80% do seu consumo total (Shalvina *et al.*, 2022). No entanto, é sabido que κ -carragenina pode ser usada também na formulação de medicamentos, e fabricação de loções hidratantes para a pele e cremes dentais, o que têm aumentado as suas possibilidades de aplicação industrial (Ahsan, 2019; Rassol *et al.*, 2020).

A biomassa de *K. alvarezii* pode ser usada ainda para a obtenção de compostos bioativos como fitormônios, clorofila e β -caroteno, e aminoácidos essenciais, de interesse de diferentes segmentos de mercado, incluindo agricultura, fármacos, cosméticos e biomateriais (Rudke *et al.*, 2020). Essa diversificação de aplicações tem sido responsável por aumentar o interesse econômico em *K. alvarezii*, influenciando diretamente a produção intelectual patentária de tecnologias ligadas à essa macroalga (Nunes *et al.*, 2025).

Este estudo teve como objetivo determinar o nível de maturidade tecnológica da macroalga *K. alvarezii* enquanto plataforma de inovação para o desenvolvimento de novos produtos e processos de interesse industrial. Uma prospecção de documentos patentários foi conduzida no período 2020-2025, o que permitiu traçar um panorama global das tecnologias ligadas à espécie, sendo identificados aspectos como evolução temporal dos pedidos de patentes, principais requerentes (país e natureza das instituições solicitantes), escritórios de depósitos, e segmentos industriais com maior participação de mercado. A compreensão da dinâmica global de proteção intelectual envolvendo essa macroalga aqui realizada poderá auxiliar futuras pesquisas e ações decisórias voltadas à inovação, à bioeconomia e ao aproveitamento sustentável dos recursos marinhos, especialmente para o Brasil, representando, assim, um marco inicial para o fortalecimento e consolidação da indústria nacional de *K. alvarezii*.

MATERIAL E MÉTODOS

Prospecção tecnológico-patentária

O mapeamento tecnológico realizado neste estudo foi baseado na prospecção e análise de documentos de patentes publicados no período 2020-2025 sobre as inovações e aplicações industriais de produtos e processos relacionados à macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

Uma busca direcionada foi realizada nas bases de dados Patentscope (Organização Mundial da Propriedade Intelectual – OMPI), The Lens (Cambia – Organização Não Governamental da Austrália) e Espacenet (Escritório Europeu de Patentes – EEP) usando a palavra-chave “*Kappaphycus alvarezii*”, entre aspas (caráter especial), o que permitiu uma pesquisa de frase exata (palavras exatamente agrupadas nessa ordem), responsável por retornar resultados mais precisos. Posteriormente, os dados foram cruzados e comparados para se eliminar os registros duplicados, identificados nas diferentes bases de dados.

As plataformas Patentscope
(<https://patentscope.wipo.int/>), The Lens

(<https://www.lens.org/>) e Espacenet (www.worldwide.espacenet.com/) foram escolhidas por apresentarem bancos de dados gratuitos de documentos de patentes de diferentes países e jurisdições. Juntos, reúnem registros de mais de 100 países, atualizados diariamente pelos principais escritórios de propriedade intelectual do mundo. A utilização combinada dessas ferramentas permitiu ampliar a abrangência da pesquisa, reduzir possíveis perdas de informação e aumentar a confiabilidade dos resultados encontrados.

A busca das patentes foi realizada nos campos títulos, resumos e reivindicações, considerando apenas documentos publicados abordando produtos e processos originados ou diretamente relacionados à macroalga *K. alvarezii*. Os documentos que continham menções secundárias ou indiretas à espécie foram desconsiderados. O filtro “membro de família único” foi usado para agrupar as patentes com igual prioridade, evitando, assim, a superestimação dos dados.

Análise das patentes

Após seleção das patentes, a ferramenta *Google Planilhas* foi utilizada para auxiliar na organização e sistematização dos dados coletados. Para cada documento selecionado, foram registrados o título; código da patente; ano de depósito, publicação e concessão (quando aplicável); requerentes (nome, natureza e país da instituição solicitante), escritório de depósito; e *status* legal. Essas informações foram usadas para se determinar a evolução histórica das publicações de patentes depositadas e concedidas no período 2020-2025, os atores principais que têm dominado as tecnologias de *K. alvarezii*, e os mercados onde têm sido buscada proteção intelectual ao objeto de estudo desta investigação.

As principais reivindicações das patentes foram também sumarizadas e utilizadas para a construção do perfil tecnológico de *K. alvarezii* nos últimos anos. As patentes foram categorizadas segundo diferentes áreas de aplicação, incluindo Agricultura, Saúde e Bem-estar, Alimentos, Polímeros, Farmacêutica, e Combustível e Energia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama geral

O recorte temporal de 2020 a 2025 adotado neste estudo visou atualizar o panorama tecnológico relacionado a *K. alvarezii*, investigado anteriormente entre 1999 e 2019 (Suzart e Vendramini, 2021). Dessa forma, a análise dos depósitos patentários mais recentes permitiu identificar as principais tendências de inovação, bem como as áreas emergentes de aplicação tecnológica associadas à essa macroalga.

O levantamento inicial de patentes resultou em um total de 817 documentos, a partir dos quais foram analisados 125, após a aplicação dos critérios de seleção previamente definidos. A Figura 1 apresenta o quantitativo de patentes publicadas no período 2020-2025, destacando o acumulado anual de documentos.

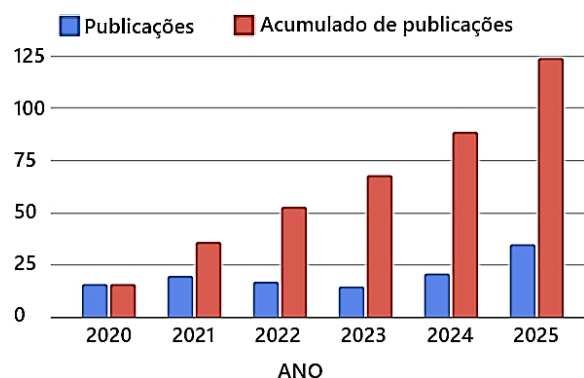


Figura 1. Distribuição anual e acumulada de pedidos de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

O número de pedidos de patentes foi relativamente constante entre 2020 e 2024, apresentando um aumento em 2025. No acumulado, um perfil de crescimento exponencial foi observado (Fig. 1), o que pode ser atribuído à ampliação no interesse de aplicações industriais de *K. alvarezii* nos últimos anos, especialmente devido à expansão das indústrias de carragenina e bioinsumos agrícolas. Rupert *et al.* (2022) destacaram que a carragenina extraída da espécie tem recebido crescente atenção devido à sua utilização em diferentes setores, incluindo as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Como resultado, o mercado de carragenina de *K. alvarezii* foi avaliado em cerca de US\$ 1,2 bilhão em 2025, com previsão de alcançar aproximadamente US\$ 1,8 bilhão até 2034 (Market Intelto, 2026), o que deverá ampliar ainda mais o interesse tecnológico por produtos e processos ligados à essa macroalga e seu subproduto.

As patentes analisadas neste estudo foram agrupadas de acordo com o seu *status* de tramitação legal como solicitadas (proteção legal em análise), concedidas (proteção legal aprovada), descontinuadas (processo interrompido antes de sua conclusão), e inativas (prazo de proteção legal encerrado). A Figura 2 apresenta a distribuição das 125 patentes analisadas segundo o seu *status* legal. Cerca de 54% das solicitações de propriedade intelectual aguardam concessão, enquanto aproximadamente 37% dos pedidos foram concedidos no período 2020-2025. Esses resultados relevam um cenário de desenvolvimento tecnológico em ascensão, com um

mercado em crescente aquecimento e competitividade, e existência de oportunidades iminentes de licenciamento das tecnologias. A fase de pesquisa básica já foi superada, indicando que produtos e processos ligados a *K. alvarezii* se encontram, atualmente, em estágios de validação e implementação industrial.

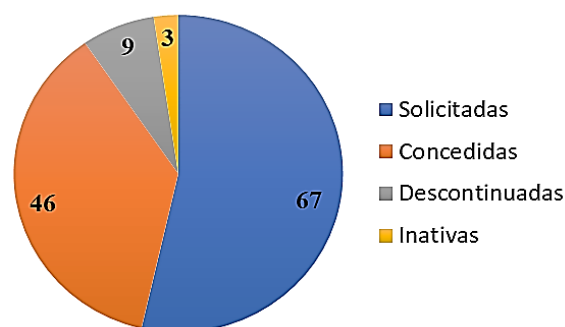


Figura 2. Distribuição dos pedidos de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* segundo *status* de tramitação legal no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

Os requerentes das patentes foram avaliados quanto ao país de origem e natureza da instituição solicitante, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

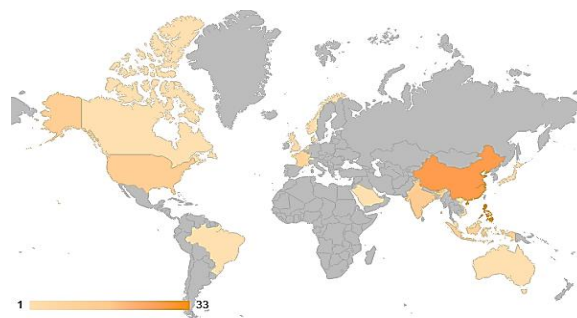


Figura 3. Principais países requerentes de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

A participação expressiva de nações asiáticas como Filipinas e China, com 33 e 28 pedidos de patentes, respectivamente (Fig. 3), pode estar relacionada ao histórico ecoambiental e à produção mundial de *K. alvarezii*. Naturalmente presente nos recifes rasos das Filipinas, essa macroalga é originária da fronteira marítima do país com a Indonésia e Malásia, que juntos lideram o mercado global de maricultura da espécie. As Filipinas são, atualmente, o segundo maior produtor de *K. alvarezii* do mundo, contando com grandes fazendas marinhas, e destacando-se no

processamento industrial da alga seca e produção de κ -carragenina. Além disso, programas nacionais de pesquisa e incentivos governamentais à algicultura têm contribuído para a consolidação do país no cultivo comercial da espécie nas últimas décadas (Hurtado *et al.*, 2015).

Por sua vez, a China tem liderado a fabricação e exportação de matérias-primas de algas, especialmente a κ -carragenina, juntamente com os países do Sudeste Asiático (Filipinas, Indonésia e Malásia) (Hurtado *et al.*, 2014). Introduzida no território pela Ilha de Hainan a partir das Filipinas em 1985, *K. alvarezii* adaptou-se com sucesso a ambientes marinhos chineses, apresentando taxas de crescimento diário de até 10% em peso a temperaturas de 26 °C (Yuan *et al.*, 1989). Além disso, cultivos conjuntos, denominados sistemas avançados de aquicultura multitrófica integrada, têm sido conduzidos desde a década de 90 para maximizar a produção sustentável de *K. alvarezii*. Qian *et al.* (1996) cultivaram essa macroalga em associação a ostras perliíferas, de modo que os resíduos nitrogenados produzidos por esses moluscos fossem absorvidos por *K. alvarezii*. Como resultado, uma aceleração nas taxas de crescimento algal foi observada, enquanto a saúde das ostras foi favorecida. Outra condição que pode justificar o destaque chinês observado neste estudo é a sua liderança nos depósitos globais de patentes. O país concentra o maior número de *clusters* de inovação do mundo, figurando entre os maiores investidores em pesquisa e desenvolvimento, impulsionados, principalmente, por programas de subsídios governamentais (Kang *et al.*, 2023; WIPO, 2025).

Países como Indonésia e Estados Unidos da América (EUA) apresentaram de 12 a 13 patentes cada no período avaliado (Fig. 3). Atualmente, a Indonésia responde por 30% do volume global da produção de aquicultura de algas marinhas, sendo a principal produtora mundial do gênero *Kappaphycus*. A espécie *K. alvarezii* foi introduzida no país a partir das Filipinas no final de 1970, proporcionando, desde então, um importante meio de subsistência para comunidades costeiras remotas (Barillé *et al.*, 2025). A Indonésia tem ampliado investimentos na produção e no processamento de biomassa algal, buscando agregar valor aos produtos derivados de *K. alvarezii* e fortalecer sua participação no mercado internacional (Van Der Heijden *et al.*, 2022).

Os EUA têm atuado como importador de κ -carragenina e outros produtos de polos agrícolas tropicais como Filipinas e Indonésia, e no processamento de *K. alvarezii* para aplicações agrícolas e cosméticas (Cornago *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2025). Isso decorre de uma rigorosa regulamentação em diferentes regiões dos EUA, em

que essa macroalga é considerada uma espécie exótica invasora, responsável por causar danos ambientais históricos. Introduzida na Baía de Kane'ohe, Havaí, na década de 1970 para fins de aquicultura experimental, *K. alvarezii* apresenta uma rápida reprodução assexuada por fragmentação vegetativa, o que leva a um aumento considerável de sua biomassa em um curto espaço de tempo (Periyasamy *et al.*, 2019). Como resultado, os riscos de biossegurança e fuga ecológica podem ser intensificados, o que limita o cultivo da espécie. Restrições severas foram impostas pelo Departamento de Terras e Recursos Naturais do Havaí devido à morte de recifes de corais nativos causados por sufocamento por *K. alvarezii* (Hawaii, [202-?]). Por outro lado, os extratos dessa macroalga têm sido amplamente usados na agricultura americana, principalmente devido à sua aplicação como bioestimulantes não microbianos. Com capacidade de aumentar a produtividade, eficiência nutricional e tolerância ao estresse de culturas estratégicas em meio à variabilidade climática e elevados custos de insumos agrícolas, o uso crescente de extratos de *K. alvarezii* têm contribuído para o aumento nos depósitos de patentes americanas nos últimos anos (AgroLatam US, 2024; Nunes *et al.*, 2025).

O Brasil apresentou um único pedido de patente no período avaliado (Fig. 3). Apesar do potencial produtivo, o cultivo comercial de *K. alvarezii*, introduzido no país em 1995 proveniente de um cultivo do sul do Japão e originário das Filipinas, é recente, limitando-se aos estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo. Após 12 anos de negociação com o governo brasileiro, a permissão para comercializar essa macroalga foi obtida por Santa Catarina em 2020, com início da produção em 2021, a partir do seu licenciamento. Nenhuma produção foi verificada até 2020 nas fazendas marinhas fluminenses, segundo levantamentos da Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. O litoral paulista também vem apresentando dificuldades para estabelecer as áreas cultiváveis, uma vez que grande parte de seu litoral é protegido. Esse cenário brasileiro, associado às barreiras financeiras do setor, tem dificultado o avanço tecnológico do país ligado a *K. alvarezii*, embora muita investigação científica tenha sido desenvolvida nas últimas décadas (Hayashi *et al.*, 2024).

Por fim, outros países como Índia, Austrália e Canadá também foram identificados, totalizando 12 nações que têm buscado proteger suas tecnologias associadas a *K. alvarezii* (Fig. 3). Esse cenário evidencia o interesse global pelo desenvolvimento de novos produtos e processos a base dessa macroalga, justificando as taxas de crescimento de mercado de *K. alvarezii* e seus derivados (carragenina) de cerca de

5,2%, previstas para o período 2025-2034 (Market Intel, 2026).

Empresas, universidades e centros de pesquisa foram as principais instituições responsáveis pelos pedidos de patentes, estando diferentemente distribuídas entre os 5 principais países requerentes (Fig. 4). O Brasil foi

incluído nesta análise para identificar as organizações que mais têm investido no desenvolvimento tecnológico de *K. alvarezii* no país. O restante dos países (6) foi agrupado na categoria “Outros”, para facilitar a análise, devido ao baixo número de documentos encontrados.

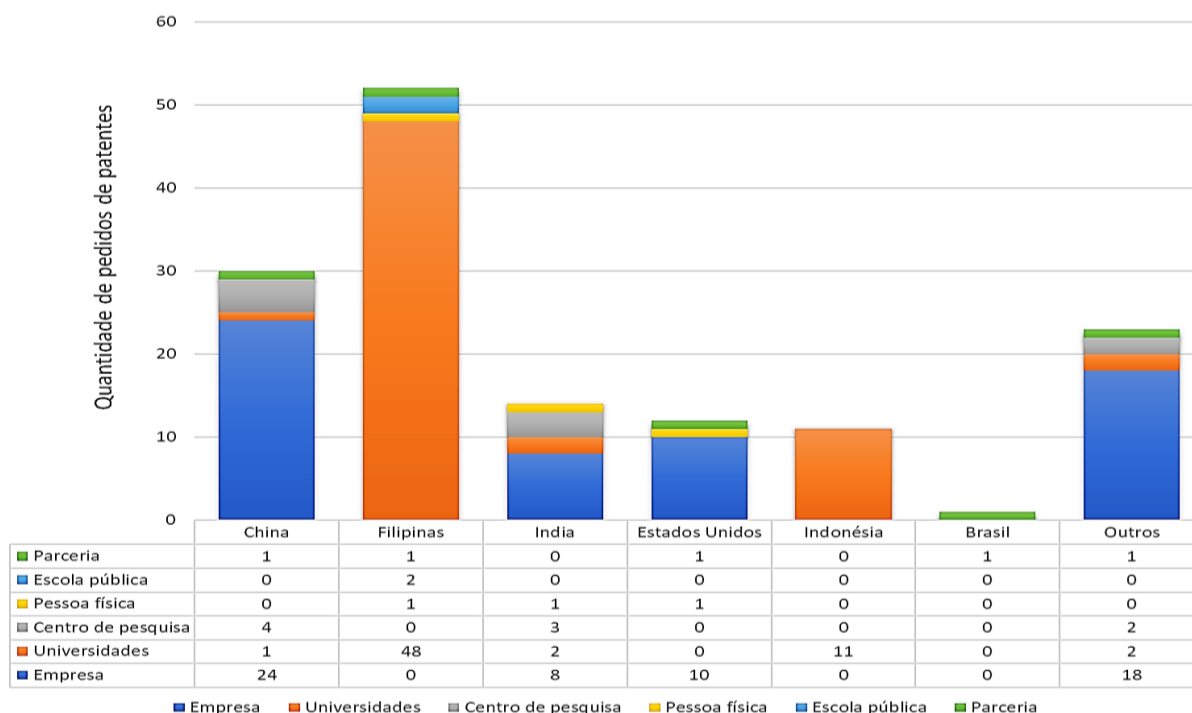


Figura 4. Natureza das instituições requerentes de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* distribuídas por país no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

O predomínio de universidades como requerentes filipinos e indonésios pode indicar um descompasso no ecossistema de inovação desses países (Fig. 4). Enquanto as instituições acadêmicas têm gerado o conhecimento científico, a iniciativa privada tem falhado em transformar as tecnologias desenvolvidas em produtos e processos efetivos para o mercado consumidor, embora Filipinas e Indonésia figurem entre os maiores produtores de *K. alvarezii* do mundo (Hurtado *et al.*, 2015).

A presença massiva de universidades desses países como requerentes dos pedidos de patentes identificados pode ser justificada pelas medidas adotadas pelas Filipinas e Indonésia para o seu desenvolvimento tecnológico. O plano estratégico de cinco anos para a indústria de algas marinhas das Filipinas (período 2022-2026), elaborado pelo Conselho Filipino para Agricultura e Pesca, tem reforçado o papel das universidades públicas na geração do conhecimento, assistência técnica e desenvolvimento do setor (Philippines, 2022). Similarmente, na Indonésia, as universidades e

institutos de pesquisa têm sido responsáveis pela criação e aperfeiçoamento de tecnologias relacionadas ao cultivo, produtividade e processamento da biomassa algal, o que pode ter contribuído para o aumento da produção patentária do país nos últimos anos (Van Der Heijden *et al.*, 2022).

Nos EUA, China, Índia e maioria dos demais países, as empresas privadas se destacaram (Fig. 4). A presença de empresas como requerentes de patentes sugere um ecossistema econômico baseado na inovação aplicada e competitividade de mercado. A transferência de tecnologia pode ser considerada eficiente, sendo o conhecimento obtido em pesquisas de base absorvido e transformado em novos produtos e processos, aproveitados comercialmente pela iniciativa privada (Mueller e Perucchi, 2014).

A atuação expressiva de empresas desses países pode ser justificada pelo aporte de recursos públicos ao setor aquícola. O governo indiano, por exemplo, tem investido fortemente em projetos de infraestrutura e promovido a colaboração entre pequenas e grandes empresas para ampliar a produção, processamento e

exportação de algas vermelhas, especialmente de *K. alvarezii* (Índia, 2025). Empresas, como a indiana *Sea6 Energy Pvt. Ltd.*, têm se destacado pelos processos de patenteamento de suas tecnologias e mecanismos relacionados ao cultivo e processamento industrial de algas marinhas tropicais. No caso da *Sea6 Energy* (<https://www.sea6energy.com/>), o interesse tem sido na transformação da biomassa algal em produtos ambientalmente amigáveis, seguindo os princípios sustentáveis da Economia Azul, e que sejam aplicados nas indústrias agrícola, de alimentos, energia e materiais.

O Brasil foi o único país retratado a apresentar um pedido de patente conjunto no período avaliado, requerido por uma universidade pública, uma empresa privada e duas pessoas físicas (Fig. 4). Essa parceria institucional representa um modelo clássico de inovação aberta e transferência de tecnologia, baseado em estratégias de mercado colaborativas. A titularidade da invenção é regida pela Lei de Inovação nº 10.973 de 2004 (Brasil, 2004), que regulamenta a pesquisa científica e tecnológica, conectando empresas, universidades e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) para o desenvolvimento de soluções conjuntas para o mercado. Nessa configuração, a universidade pública entra com a pesquisa de base, infraestrutura científica, rigor metodológico e formação de capital humano, enquanto a empresa viabiliza a produção em larga escala e implementação tecnológica no mercado. O inventor independente atua como mediador, unindo as instituições envolvidas (Guerra *et al.*, 2025).

Considerando os escritórios de depósitos de patentes, ilustrado na Figura 5, os países de destaque foram as Filipinas e os EUA com 33 e 19 documentos, respectivamente. O aumento do interesse nos mercados de macroalgas filipino e americano indica seu forte poder de influência nos rumos da inovação e da economia em suas regiões. Além disso, são considerados mercados estratégicos para a proteção e exploração comercial de tecnologias relacionadas a *K. alvarezii*, principalmente de κ -carragenina e biofertilizantes agrícolas, garantindo segurança à cadeia de fornecimento e acesso às principais rotas econômicas desses bioprodutos.

No caso do Brasil, 7 pedidos de patentes de origem estrangeira foram registrados no território, todos por empresas privadas, incluindo *Cargill Incorporated* (3 depósitos), *Sea6 Energy* (2 depósitos), *Dupont Nutrition USA Inc* (1 depósito) e *Omega Pharma Innovation and Development* (1 depósito) (Fig. 5). Ao expandirem os locais de proteção, os requerentes têm buscado assegurar a exclusividade comercial e mitigar riscos de exploração não autorizada em mercados potenciais.

As patentes protegidas no Brasil estão correlacionadas às demandas do mercado interno, cujo setor agropecuário se destaca. O país é o terceiro maior produtor agropecuário do mundo (Embrapa, 2024), o que tem estimulado o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o aumento da produtividade agrícola, incluindo a fabricação de novos bioestimulantes e produtos responsáveis por melhorar o desempenho de culturas estratégicas. Estudos como o de Nunes *et al.* (2025) têm evidenciado o uso agrônomo de extratos de *K. alvarezii* nos últimos anos.

Outras tecnologias se relacionaram às indústrias de alimentos e fármacos. Os pedidos realizados pela *Cargill* e *Dupont* consistiram na proteção legal para um pó a base de algas marinhas para uso em alimentos, bebidas, produtos nutricionais, suplementos alimentares, ração animal, produtos de higiene pessoal, produtos farmacêuticos e demais aplicações industriais (Christian *et al.*, 2026), e um método de produção de ingrediente alimentar à base de algas vermelhas e o produto obtido a partir desse método (Erman *et al.*, 2020), respectivamente. Já as empresas *Sea6* e *Omega Pharma* reivindicaram novas formulações para bioestimulantes e bioplásticos (Sailaja, *et al.*, 2020; Balamuruga, *et al.*, 2025), bem como diferentes formulações à base de fibra alimentar (Mae *et al.*, 2023), respectivamente.

Os depósitos de patentes foram também realizados nos escritórios da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (13 documentos), e Escritório Europeu de Patentes (9 documentos) (dados não mostrados na Fig. 5), o que revelou a existência de estratégias de proteção tecnológica voltadas para múltiplos mercados.

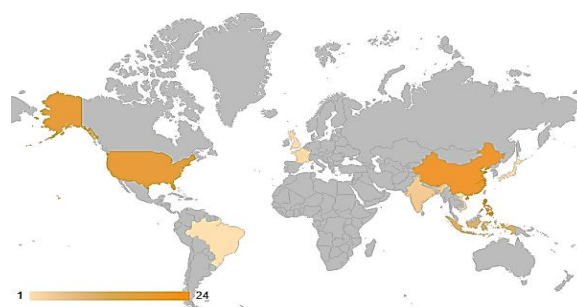


Figura 5. Principais escritórios de depósitos de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

Adicionalmente, a análise de todas as jurisdições onde uma mesma patente (de mesma prioridade) foi depositada revelou um predomínio chinês, seguido dos escritórios mundial e americano, nesta ordem, conforme observado na Figura 6.

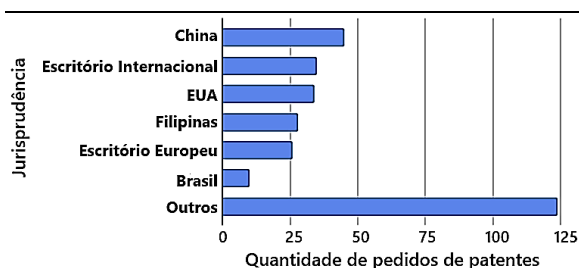


Figura 6. Distribuição de todos os depósitos das 125 prioridades tecnológicas identificadas sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* por jurisdição no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

Essa análise considera que uma mesma invenção pode ser reivindicada em mais de uma jurisdição, uma vez que as patentes possuem validade territorial, não existindo uma patente de abrangência internacional (JusBrasil, [202-?]). Como resultado, um número total de registros superior à quantidade de documentos patentários analisados foi observado (Fig. 6). A partir desses dados foi possível identificar os mercados considerados estratégicos pelos depositantes para a proteção e exploração das tecnologias relacionadas a *K. alvarezii*.

A presença do escritório mundial era esperada, devido ao Tratado de Cooperação em matéria de Patente (do inglês, PCT) sob sua gerência (Fig. 6). Assinado por 158 Estados contratantes, o PCT permite que um único pedido internacional de patente seja protegido em diferentes países, apresentando igual efeito jurídico que o depósito individual em cada escritório contratante. Além de reduzir os custos, esse processo otimiza o tempo, facilitando a análise final das solicitações internacionais pelos institutos nacionais de patentes (WIPO, 2001).

Aplicações tecnológicas

A categorização das patentes selecionadas neste estudo, de acordo com a área de aplicação das tecnologias reivindicadas, foi ilustrada na Figura 7. Essa classificação permitiu identificar os mercados mais relevantes para os quais têm sido direcionadas, de maneira prioritária, as inovações tecnológicas relacionadas a *K. alvarezii*.

Os setores de Saúde e Bem-estar e de Alimentos responderam juntos por cerca de 67% das tecnologias baseadas em *K. alvarezii* (Fig. 7). Esse resultado acompanha tendências observadas nos últimos anos sobre o aproveitamento dos derivados dessa macroalga. Na indústria de alimentos, κ -carragenina é tradicionalmente usada como espessante, estabilizante, emulsificante e gelificante. Na indústria de Saúde e Bem-estar (segmento cosmético), os extratos de *K. alvarezii* têm sido investigados para a

formulação de sérums e cremes faciais, corporais e capilares, devido às suas propriedades de hidratação profunda, biorreparação, ação antioxidante, e ação antienvhecimento (Ovalle *et al.*, 2026; Jabeen *et al.*, 2025).

Em seguida, quase 26% das tecnologias desenvolvidas a partir de *K. alvarezii* estavam associadas às indústrias Agrícola e de Polímeros (Fig. 7). O interesse crescente em biofertilizantes, bioestimulantes, embalagens biodegradáveis, e novos materiais obtidos a partir da κ -carragenina e outros compostos presentes nessa macroalga podem explicar os resultados encontrados (Rudke *et al.*, 2020).

Por fim, apenas pouco mais de 7% das patentes analisadas reportaram tecnologias ligadas aos setores Farmacêutico e de Combustível e Energia (Fig. 7). Essa baixa representatividade pode estar relacionada a maiores exigências regulatórias, elevados custos de desenvolvimento tecnológico e estágio emergente das aplicações no mercado por parte desses segmentos industriais (Dash *et al.*, 2026).

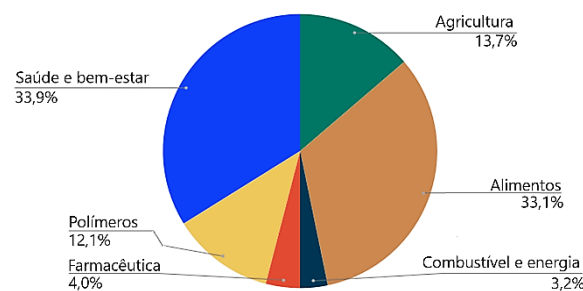


Figura 7. Distribuição dos pedidos de patentes sobre inovações e aplicações industriais de produtos e processos ligados a *K. alvarezii* por área tecnológica no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

A Tabela 1 apresenta uma síntese das aplicações tecnológicas identificadas nos pedidos de patentes. A análise individual dos documentos evidenciou a diversidade de aplicações associadas a *K. alvarezii*. A avaliação das reivindicações permitiu identificar diferentes funcionalidades e formas de aproveitamento da macroalga dentro da cadeia de inovação. As tecnologias têm se concentrado, principalmente, no desenvolvimento de produtos alimentícios e cosméticos, biomateriais, bioinsumos agrícolas, bioplásticos, biocombustíveis, e outras aplicações biotecnológicas. O papel crescente de κ -carragenina como plataforma tecnológica para o desenvolvimento de novos materiais e formulações, acompanhando tendências globais baseadas nos princípios de bioeconomia, também tem sido observado (Rudke *et al.*, 2020; Rupert *et al.*, 2022; Ovalle *et al.*, 2026).

Tabela 1. Aplicações tecnológicas das reivindicações ligadas a *K. alvarezii* no período 2020-2025, de acordo com as plataformas Patentscope, The Lens e Espacenet.

Área	Tecnologias identificadas	Finalidade	Exemplos de patentes (códigos)
Saúde e Bem-estar	Cosméticos anti-idade, clareadores, sérums, máscaras faciais, produtos capilares, sistemas de hidratação da pele	Aplicações cosméticas e dermocosméticas	CN120570811A ID2025S04347 CN112353713
Alimentos	Biscoitos, macarrão, bebidas funcionais, tortas, empanadas, <i>ketchup</i> , doces, barras alimentícias, substitutos de carne	Desenvolvimento de alimentos funcionais e enriquecidos nutricionalmente	WO2021061734 PH22023051049 PH12022050019
Agricultura	Bioestimulantes, biofertilizantes, fertilizantes revestidos, controle biológico de doenças, sistemas de cultivo, produção de mudas, equipamentos de processamento, métodos de extração	Aumento da produtividade agrícola, melhoria do cultivo, e otimização da cadeia produtiva da macroalga	VN2004582 EP3844133B1 ID202505663
Polímeros	Bioplásticos, embalagens biodegradáveis, filmes comestíveis, compósitos naturais, materiais superabsorventes	Substituição de materiais sintéticos, e redução de impactos ambientais	US20230321313 ID2022S03495 US20250033851
Farmacêutica	Sistemas de liberação controlada de fármacos, hidrogéis, biomateriais antibacterianos, lectinas antivirais, vitamina K2	Desenvolvimento de ingredientes bioativos e produtos terapêuticos	IN201911018958 JP2021013375 WO2025159694
Combustível e Energia	Bioetanol, conversão da biomassa em HMF, XMF e FDCA	Produção de biocombustíveis e insumos para química verde	WO2025253413 EP2764073 IN202241058319

HMF= 5-hidroximetilfurfural; XMF= xilometilfurfural; FDCA= ácido 2,5-furanodicarboxílico.

CONCLUSÃO

O mapeamento patentário realizado neste estudo confirmou o interesse tecnológico global por produtos e processos originados da macroalga *K. alvarezii*. A ampliação de suas aplicações para além do uso tradicional associado à produção de κ -carragenina tem demonstrado a sua crescente inserção em novos segmentos produtivos, revelando diferentes estratégias de inovação, proteção intelectual e exploração comercial.

Países historicamente associados à produção de *K. alvarezii* têm mantido participação na geração de tecnologias, resultado direto de investimentos em pesquisa, cultivo e fortalecimento da cadeia produtiva de algas marinhas. Por outro lado, a participação expressiva de novos mercados tem revelado o interesse na penetração em áreas recentes de influência global, bem como na expansão das aplicações de *K. alvarezii* para novos segmentos, incluindo agricultura, fármacos, energia, cosméticos e biomateriais.

A comparação entre países requerentes, escritórios de depósito e jurisdições demonstrou que a produção, o desenvolvimento tecnológico e a proteção da

propriedade intelectual de *K. alvarezii* não têm ocorrido necessariamente nos mesmos territórios. Esse cenário tem demonstrado que a disponibilidade do recurso natural não é o único fator determinante para a apropriação tecnológica e econômica de seus derivados. A partir dessas informações, os países podem repensar suas estratégias de governança, regulamentação, e fomento, de modo a promover a cadeia de valor de *K. alvarezii*.

A análise das reivindicações permitiu também verificar que as tecnologias relacionadas a *K. alvarezii* têm estado alinhadas aos princípios da Economia Azul, em que os recursos naturais têm sido usados de forma sustentável. Nesse contexto, o crescimento financeiro e a geração de empregos podem ser equilibrados com a preservação e regeneração dos ecossistemas marinhos. Além disso, as reivindicações analisadas têm revelado uma transição de *K. alvarezii* de uma condição de simples matéria-prima para o papel de uma relevante plataforma biotecnológica, capaz de gerar ingredientes, moléculas bioativas e sistemas funcionais para diferentes setores econômicos.

Por fim, o panorama global traçado neste estudo evidenciou um elevado nível de maturidade

tecnológica de *K. alvarezii*, embora concentrado em alguns nichos e mercados. No caso do Brasil, que apresentou baixa participação patentária, este mapeamento poderá oferecer diretrizes para futuras pesquisas e tomadas de decisão no âmbito da bioeconomia e do uso sustentável de recursos marinhos, servindo de marco inicial para o desenvolvimento e consolidação da indústria nacional de *K. alvarezii*.

REFERÊNCIAS

- AHSAN, H. The importance of complex polysaccharides in personal care formulations. **Journal of Carbohydrate Chemistry**, v. 38, n. 4, p. 213–233, 2019.
- AGROLATAM US. **Kappaphycus alvarezii Expands Role in U.S. Biostimulant Innovation and Crop Resilience**. 2024. Disponível em: <https://www.agrolatam.com/biologicals-biotech-6476/kappaphycus-alvarezii-expands-role-in-u-s-biostimulant-innovation-and-crop-resilience/>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- BALAMURUGAN, Ayyakkalai, *et al.* **Composite, process for preparing the composite, and implementation thereof**. Depositante: Sea6 Energy PVT LTD. US12297345 B2. Depósito: 21 mar. 2022. Concessão: 13 maio 2025. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/186-135-782-320-571/frontpage?l=en>. Acesso em: 27 jun. 2026.
- BARILLÉ, L. *et al.* Variability of *Kappaphycus alvarezii* cultivation in South-Sulawesi (Indonesia) related to the monsoon shift: Water quality, growth and colour quantification. **Aquaculture Reports**, v. 40, 102557, 2025.
- BIRIŞ-DORHOI, E.-S. *et al.* Macroalgae—A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. **Nutrients**, v. 12, n. 10, art. 3085, p. 1–23, out. 2020.
- BRASIL. [Lei de Inovação (2004)]. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 141, n. 231, p. 2–4, 3 dez. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm. Acesso em: 26 jun. 2026.
- CHRISTIAN, Mazoyer *et al.* **Seaweed-Based Powder**. Depositante: Cargill INC. N° EP 4079163 A1. Depósito: 21 mar. 2019. Concessão: 17 jun. 2026. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/172-120-243-773-221/frontpage?l=en>. Acesso em: 27 jun. 2026.
- CORNAGO, D. F.; RUMBAOA-SANCHEZ, R. G. O.; MONTANO, M. N. E. Carrageenan Remains on the US National List of Allowed Substances in Organic Food Products. **Transactions NAST PHL**, v. 41, n. 2, 2019. Disponível em: <https://transactions.nast.ph/wp-content/uploads/2021/12/2019-Plenary-Paper-Montano-MNE.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- DASH, S. *et al.* Unveiling the research trajectory and key barriers in seaweed commercialization using bibliometric and fuzzy ISM-MICMAC methods (2000–2025). **Frontiers in Marine Science**, v. 13, art. 1754632, 2026.
- EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajectoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- ERMAN, Bigikocin; ALBERT, Tsai; KHAMFA, Phonchareon. **Method Of Producing Red Seaweed Sourced Food Ingredient And Product Obtained By The Method**. Depositante: DuPont Nutrition USA INC. N° WO 2020/242859 A1. Depósito: 20 maio 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/146-761-933-695-555/frontpage?l=en>. Acesso em: 27 jun. 2026.
- FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **A América Latina e o Caribe registram superávit de US\$ 21 bilhões no comércio de animais aquáticos**. FAO no Brasil, 17 jun. 2026. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1759652/>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- GUERRA, A. R. *et al.* **Guia prático de inovação**. São Paulo: AUIN/UNESP, 2025. Disponível em: <https://auin.unesp.br/wp-content/uploads/2025/11/GUIA-PRATICO-DE-INOVACAO.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- HARGREAVES, Paulo Iiboshi. **Produção de etanol a partir de Kappaphycus alvarezii - Biocombustível de terceira geração**. 2013. 78 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- HAWAII. Department of Land and Natural Resources (DLNR). Division of Aquatic Resources. **Kappaphycus/Eucheuma**. [202–?]. Disponível em: <https://dlnr.hawaii.gov/ais/invasivealgae/kappaphycus/>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- HAYASHI, L. *et al.* The Seaweed Cultivation in Brazil. In: CRITCHLEY, A. T.; HURTADO, A. Q.; NEISH, I. C. (org.). **The Seaweed Resources of the World**. Cham: Springer, 2024. p. 185–210.
- HURTADO, A. Q. *et al.* Cultivation of tropical red seaweeds in the BIMP-EAGA region. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, p. 707–718, 2014.
- HURTADO, A. Q.; NEISH, I. C.; CRITCHLEY, A. T. Developments in production technology of *Kappaphycus* in the Philippines: more than four decades of farming. **Journal of Applied Phycology**, v. 27, n. 5, p. 1945–1961, 2015.
- IMARC GROUP. **Seaweed Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2026–2034**. [S. l.]: IMARC Group, [2026]. Disponível em: <https://www.imarcgroup.com/seaweed-market>. Acesso em: 26 jun. 2026.
- INDIA. Press Information Bureau (PIB). **Ministry of Fisheries, Animal Husbandry & Dairying promotes Seaweed Farming for Sustainable Coastal Livelihoods**. New Delhi: PIB Delhi, 2025. Disponível em: <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2118317®=48&lang=2>. Acesso em: 26 jun. 2026.

JABEEN, F. et al. Carrageenan: structure, properties and applications with special emphasis on food science. **RSC Advances**, v. 15, n. 27, p. 22035-22062, 2025.

JUSBRASIL. **Proteção internacional da patente depositada no INPI: saiba como funciona**. [202-?]. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/protecao-internacional-da-patente-depositada-no-inpi-saiba-como-funciona/4287324213>. Acesso em: 26 jun. 2026.

KANG, H.; YANG, Z.; ZHANG, Z. The competitiveness of China's seaweed products in the international market from 2002 to 2017. **Aquaculture and Fisheries**, v. 8, n. 5, p. 579-586, 2023.

MARKET INTELO. **Global Kappaphycus Alvarezii Carrageenan Market Report, History and Forecast 2019-2030**. [2024?]. Disponível em: <https://marketintel.com/report/kappaphycus-alvarezii-carrageenan-market>. Acesso em: 26 jun. 2026.

MAE, Lim; EE, Wong; PAU, Tan. **A Dietary Fibre Composition**. Depositante: Inqpharm Group Sdn BHD. Nº EP 3223827 A1. Depósito: 26 nov. 2015. Concessão: 04 jan. 2023. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/117-421-050-297-470/frontpage?l=en>. Acesso em: 27 jun. 2026.

MUELLER, J. A. et al. Análise da produção científica sobre macroalgas marinhas com foco biotecnológico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, e18, 2019.

NITI AAYOG. **Strategy for the Development of Seaweed Value Chain**. Nova Deli: Government of India, 2024. Disponível em: https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2024-08/Strategy%20for%20the%20Development_04062024_compressed.pdf. Acesso em: 26 jun. 2026.

NUNES, A. et al. Use of *Kappaphycus alvarezii* for the production of biotechnological products: A review of patents issued in the last 22 years (2002–2024). **Biotechnology Research and Innovation**, v. 9, n. 2, e2025004, 2025.

OVALLE, L. V. C.; SCHNEIDER, A. R.; NUNES, A.; MARASCHIN, M. Biotechnological potential of carrageenan extracted from *Kappaphycus alvarezii*: a systematic review of industrial applications and sustainable innovations. **Biomass**, v. 6, n. 1, art. 11, 2026.

PERIYASAMY, C.; SUBBA RAO, P. V.; ANANTHARAMAN, P. Harvest optimization to assess sustainable growth and carrageenan yield of cultivated *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty in Indian waters. **Journal of Applied Phycology**, v. 31, n. 1, p. 587-597, 2019.

PHILIPPINES. Department of Agriculture. Philippine Council for Agriculture and Fisheries (PCAF). **Philippine Seaweed Industry Roadmap 2022-2026**. Quezon City: PCAF, 2022. Disponível em: <https://pcaf.da.gov.ph/wp-content/uploads/2022/06/Philippine-Seaweed-Industry-Roadmap-2022-2026.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2026.

QIAN, P. Y. et al. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*. **Aquaculture**, v. 147, n. 1-2, p. 21-35, 1996.

RASOOL, A. et al. Kinetics and controlled release of lidocaine from novel carrageenan–alginate blended hydrogels. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 147, p. 67–78, 2020.

RUDKE, A. R.; ANDRADE, C. J.; FERREIRA, S. R. S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: an unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 151-162, set. 2020.

RUPERT, R. et al. Carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae): metabolism, structure, production and application. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, art. 859635, p. 1-15, abr. 2022.

SAILAJA, Nori et al. **A Biostimulant Formulation For Improving Plant Growth And Uses Thereof**. Depositante: Sea6 Energy PVT LTD. Nº EP 3294066 B1. Depósito: 09 maio 2016. Concessão: 12 fev. 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/patent/100-706-417-692-808/frontpage?l=en>. Acesso em: 27 jun. 2026.

SHALVINA, A. et al. Effects of selected environmental conditions on growth and carrageenan quality of laboratory-cultured *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) in Fiji, South Pacific. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, p. 1033–1043, 2022.

SUZART, L. G. C.; VENDRAMINI, A. L. A. Aplicações biotecnológicas da macroalga *Kappaphycus alvarezii*: um estudo prospectivo. **Cadernos de Prospeção**, v. 14, n. 3, p. 845–861, 2021.

VAN DER HEIJDEN, P. G. M. et al. **Seaweed in Indonesia: farming, utilization and research**. Wageningen: Wageningen University & Research, 2022. (Report WCDI-22-220).

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Global Innovation Index 2025**. Geneva: WIPO, 2025.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT)**. Genebra: WIPO, 2001. Disponível em: <https://www.wipo.int/documents/d/pct-system/docs-pt-texts-pct.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2026.

YUAN, Y. X. et al. Culture of *Kappaphycus alvarezii* in the subtropical region of China. **Hydrobiologia**, v. 151-152, p. 355–358, 1989.