

UNIVERSIDADE POTIGUAR
ESCOLA DA SAÚDE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NATHALIA CRISTINA DA SILVA MATOSO
GABRIEL VICTOR MELO DE OLIVEIRA

**ALGAS MARINHAS DO LITORAL BRASILEIRO E SUAS
POTENCIALIDADES**

NATAL/RN
2023

UNIVERSIDADE POTIGUAR
ESCOLA DA SAÚDE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NATHALIA CRISTINA DA SILVA MATOSO
GABRIEL VICTOR MELO DE OLIVEIRA

ALGAS MARINHAS DO LITORAL BRASILEIRO E SUAS POTENCIALIDADES

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Potiguar
como parte das exigências para a
obtenção do título de bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Lima Melo

NATAL/RN
2023

RESUMO

Este estudo retrata a importância e necessidade das algas marinhas para o nosso planeta, pois são as principais produtoras e portanto, fonte de energia. Também são diversificadas e ricas em nutrientes, reproduzem alta quantia de metabólitos que sustentam uma infinidade de produtos biotecnológicos fundamentais para a vida do ser humano. Este estudo contribui para a exploração de informações do acercamento de espécies e suas potencialidades a serem utilizadas. Para a junção desta pesquisa, foi levantado uma revisão bibliográfica que teve como ponto principal a utilização e aplicação tecnológica das algas marinhas. A busca pelo apetrecho utilizado nesta investigação fez um recorte temporal entre 2010 e 2022, as pesquisas científicas foram buscadas no banco de dados Google Scholar, Pubmed e Scielo. As concordâncias foram as mais diversificadas dentro da temática, de acordo com as análises de resultados, visto que a busca por moléculas bioativas foi o principal foco. Desta forma, atendendo ao objetivo de mapear a distribuição geográfica das algas marinhas ao longo da costa brasileira, características morfológicas das algas, incluindo forma, tamanho e coloração, além de Investigar as propriedades e aplicações gerais das algas para benefício humano e industrial, foi levantado uma inspeção em busca de analisar as algas que vivem na região costeira brasileira, onde a partir de pesquisas científicas comprovadas obteve-se conhecimento, que em tal área há 70 espécies de algas marinhas epicontinentais da classe taxonômica divididas em seis. Uma variedade de macroalgas está principalmente ligada às influências do meio ambiente, que persistem durante todo o ano. A partir desta proposição, pôde-se especular que a biotecnologia das algas pode ser desenvolvida para diversas aplicações em diferentes bioprodutos, dentre os combustíveis, fármacos, cosméticos e suplementos alimentares, citados neste estudo. Todavia é notório observar o grande interesse econômico e industrial imerso no potencial biotecnológico das microalgas no mundo em si, devido à sua designação de diversas substâncias sintetizadas por tais organismos.

Palavras chaves: Macroalgas, bioprodutos, biotecnológicos, interesse econômico.

ABSTRACT

This study portrays the importance and need for seaweed for our planet, as they are the main producers and, therefore, a source of energy. They are also diverse and rich in nutrients, they reproduce a high amount of metabolites that support a multitude of biotechnological products fundamental to human life. This study contributes to the exploration of information about species and their potential to be used. To bring this research together, a bibliographical review was carried out with the main point being the use and technological application of seaweed. The search for the equipment used in this investigation took place between 2010 and 2022, scientific research was searched in the Google Scholar, Pubmed and Scielo databases. The agreements were the most diverse within the theme, according to the analysis of results, since the search for bioactive molecules was the main focus. In this way, meeting the objective for map the geographic distribution of seaweed along the Brazilian coast, morphological characteristics of the algae, including shape, size and color, in addition to Investigating the general properties and applications of algae for human and industrial benefit, an inspection was carried out in order to analyze the algae that live on the coast of Rio Grande do Norte, where, based on proven scientific research, knowledge was obtained that in this area there are 70 species of epicontinental marine algae. of the taxonomic class, classes that are divided in six. A variety of macroalgae are mainly linked to environmental influences, which persist throughout the year. From this proposition, it was possible to speculate that algae biotechnology can be developed for various applications in different bioproducts, among fuels, pharmaceuticals, cosmetics and food supplements, mentioned in this study. However, it is notable to observe the great economic and industrial interest immersed in the biotechnological potential of microalgae in the world itself, due to its designation of several substances synthesized by such organisms.

Keywords: Macroalgae, bioproducts, biotechnologies, economic interest.

SUMÁRIO:

1 - INTRODUÇÃO	5
2 - OBJETIVOS	6
2.1 - Objetivo Geral	6
2.2 - Objetivos específicos	6
3 - JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA	6
4 - METODOLOGIA	7
5 - REFERENCIAL TEÓRICO	15
5.1 - Definição e classificação das algas marinhas	15
5.2 - Estudos de algas marinhas em geral	17
5.3 - Algas marinhas marrons	18
5.4 - Algas marinhas vermelhas	19
5.5 - Algas marinhas verdes	20
6 - MORFOLOGIA DAS ALGAS	21
7 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ALGAS NOS ECOSISTEMAS MARINHOS	22
7.1 - Principais algas marinhas do litoral potiguar	25
8 - USOS E APLICAÇÕES DAS ALGAS MARINHAS	26
8.1 - Algas como alimento humano	26
8.2 - Aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética	26
8.3 - Potencial para biocombustíveis	27
8.4 - Uso em agricultura e aquicultura	28
9 - ASPECTOS ECONÔMICOS DA INDÚSTRIA DE ALGAS MARINHAS	30
10 - ANÁLISE DE RESULTADOS	32
11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 - INTRODUÇÃO

As algas representam um conjunto de organismos caracterizados por uma ampla diversidade de formas, funções e estratégias de sobrevivência. Este grupo não possui uma origem monofilética, conforme evidenciado principalmente pela teoria da endossimbiose dos cloroplastos e das mitocôndrias, assim como por estudos bioquímicos e de biologia molecular. Nesse contexto, pode-se definir as algas como seres fotossintéticos que abrangem desde formas unicelulares e pluricelulares, cujos órgãos de reprodução (gametângios ou esporângios, unicelulares ou pluricelulares) não são cercados por uma camada de células estereoscópicas (Bicudo; Menezes, 2010).

O mar aberto, a zona costeira e a terra firme são os três domínios que compõem a nossa biosfera. Dos três, o mar e a costa são as regiões mais antigas. Aqui, as algas desempenham papel preponderante, comparável ao das plantas no muito mais jovem domínio terrestre. Geralmente, as algas são também dominantes nos habitats de água doce – lagoas, rios e lagos – onde podem representar os maiores contribuintes para a produtividade destes ecossistemas. Nos locais em que se desenvolvem, as algas desempenham um papel ecológico comparável àquele exercido pelas plantas nos habitats terrestres.

As macroalgas marinhas são também alvos de uma infinidade de herbívoros e hospedeiras de microrganismos patogênicos. A complexidade da bioquímica, estrutura e histórico de vida das algas marinhas reflete a adaptação a todos esses desafios físicos e biológicos. Algas marinhas encontradas próximo aos Polos Norte e Sul têm de resistir a meses de escuridão sob a camada de gelo (Evert; Eichhorn, 2014).

O homem tem empregado as algas desde tempos pré-históricos, cerca de 14.000 anos atrás, conforme atestado por pesquisas arqueológicas realizadas no território chileno (Dillehay *et al.*, 2008). As macroalgas encontradas em nossos mares possuem um potencial específico para contribuir significativamente com uma variedade de soluções em um mundo mais sustentável. Ao longo da história, elas influenciaram e continuarão desempenhando um papel essencial no aproveitamento dos recursos costeiros pelo ser humano e na funcionalidade dos ecossistemas marinhos. Além de oferecerem ambientes que auxiliam na manutenção do ecossistema marinho e na preservação da biodiversidade, as macroalgas são

reconhecidas como uma matéria-prima valiosa, utilizada na produção de alimentos, rações, fertilizantes, medicamentos e em outras aplicações, incluindo a geração de bioenergia (Dillehay *et al.*, 2016).

O Brasil apresenta uma área litorânea muito extensa, apresentando uma grande biodiversidade desses seres marinhos. As algas marinhas são um recurso valioso que é usado em muitos países. As algas têm recebido grande atenção como fonte potencial de compostos bioativos, uma vez que são capazes de produzir vários metabólitos secundários com atividades biológicas, incluindo propriedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas e antivirais (Noseda *et al.* 2018). Considerando o cenário atual em que há declínio dos recursos naturais, de um lado e um aumento crescente de demanda por alimentos do outro, é fundamental conhecer fontes sustentáveis a partir de recursos naturais renováveis

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Realizar um estudo sobre as algas marinhas encontradas no litoral brasileiros, analisando sua biodiversidade, mapear a distribuição geográfica das algas marinhas ao longo da costa brasileira, características morfológicas das algas, incluindo forma, tamanho e coloração. Além de Investigar as propriedades químicas e nutricionais das algas que podem ser exploradas para benefício humano e industrial.

2.2 - Objetivos específicos

- Apresentar uma visão geral sobre as algas marinhas.
- Realizar um levantamento das espécies de algas marinhas presentes na região costeira do Brasil.
- Analisar as aplicações comerciais e industriais das algas marinhas, incluindo seu potencial na produção de alimentos, cosméticos, farmacêuticos e agrícolas.
- Investigar as perspectivas econômicas e sociais relacionadas à indústria das algas marinhas no contexto do litoral brasileiro.

3 - JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

A escolha do tema para este trabalho de conclusão de curso se baseia em duas motivações fundamentais: a escassez de informações consolidadas e a relevância crescente das algas marinhas na indústria moderna.

Primeiramente, é importante ressaltar que o litoral brasileiro é uma região rica em biodiversidade marinha, incluindo uma variedade de algas marinhas. No entanto, a literatura acadêmica e científica relacionada a esse tema na região ainda é insuficiente e dispersa. A carência de estudos abrangentes e atualizados sobre as algas marinhas específicas desse litoral limita a compreensão de sua biodiversidade, ecologia, distribuição geográfica e potenciais usos.

Além disso, o uso de algas marinhas tem ganhado destaque em diversos setores industriais, como alimentação, cosméticos, farmacêutica e biotecnologia (Dillehay *et al.*, 2016). A crescente demanda por produtos naturais e sustentáveis impulsionou o interesse por esses recursos marinhos. Estudo enfocando a estrutura das comunidades em ambientes recifais são escassos ao longo da costa potiguar (Silva; Fuji; Marinho Soriano, 2012).

No entanto, a falta de conhecimento detalhado sobre as algas do litoral brasileiro impede o aproveitamento completo de seu potencial econômico e ambiental.

Portanto, este trabalho visa preencher essa lacuna de conhecimento, conduzindo uma revisão bibliográfica abrangente e crítica das algas marinhas específicas da região, identificando suas características, ecologia e potencialidades. Ao fazê-lo, esperamos fornecer uma base sólida para futuras pesquisas e promover a conscientização sobre a importância das algas marinhas no contexto do litoral Brasileiro, ao mesmo tempo em que destacamos as oportunidades econômicas e sustentáveis que elas podem oferecer à indústria regional e à comunidade científica.

4 - METODOLOGIA

Nessa perspectiva, 27 artigos foram adotados como base de enfoque, contribuindo assim para os resultados desta pesquisa. A metodologia, que representa o estudo dos métodos orientados para alcançar um fim específico, é fundamental. Segundo Gil (1999), trata-se de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos empregados para adquirir conhecimento. Para que seja reconhecido como conhecimento científico, é essencial identificar os passos para sua verificação, ou seja, determinar o método que conduziu à obtenção do conhecimento. Compreende-se que o modo de investigação é influenciado pelos paradigmas de pesquisa e pelos objetivos do pesquisador, oferecendo a opção entre três abordagens: quantitativa, qualitativa e mista.

Segundo Mattar e Ramos (2021), esses tipos de estudos resultam em dados quantificáveis que permitem análises descritivas, tabelas, gráficos, assim como também análises estatísticas para pesquisar ligações entre variáveis e/ou fatores, e por últimas análises de correlação ou associação.

Ao mesmo tempo, a diversidade nas peças deste mosaico inclui perguntas fechadas e abertas, implica em passos predeterminados e abertos, e utiliza procedimentos qualitativos, quantitativos ou mista. (Mattar, Ramos. Pág.203)

Contudo, este estudo apresenta uma abordagem qualitativa, buscando o potencial biotecnológico das algas que podem ser encontradas na região costeira brasileira. Este estudo tem como objetivo levantar, reunir, avaliar criticamente a metodologia da pesquisa e sintetizar os resultados de diversos estudos primários. Segundo Denzin & Lincoln (2006 p.38), a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem interpretativa do mundo, da qual compreende-se que seus pesquisadores buscam estudar os enigmas em seus cenários naturais, tentando entender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a ele conferem. Diante disso, pôde-se coletar dados suficientes para apresentar resultados sobre a importância das algas marinhas.

A abordagem qualitativa da pesquisa, na teoria da complexidade crítica, é a importância dada aos relatos individuais e subjetivos no processo de pesquisa, juntamente com a reflexividade por parte do pesquisador. (Cohen, Manion, Morrison, 2018, pág.27)

O objetivo da pesquisa qualitativa é identificar e decifrar o fator que ali está sendo estudado, buscando primeiramente observar, descrever, e analisar, para assim haver a compreensão do seu significado. Para Cohen, Manion e Morrison, (2018) Uma das circunstâncias curiosa deste método de pesquisa é que a natureza e os fundamentos desta “ investigação” têm presenciado uma propagação de paradigmas ao longo do tempo, pois seu método eficaz dentro dos estudos científicos têm uma porcentagem superior de resultados positivos. Desde os primórdios da pesquisa quantitativa até a qualitativa surgindo diversas abordagens aqui introduzidas.

Para contemplar os objetivos da pesquisa, realizamos uma revisão sistemática para analisar qual tem sido o foco das pesquisas em relação às algas marinhas presentes nesta região. Segundo Sampaio e Mancini (2007, p. 84), a

revisão sistemática “é um tipo de estudo retrospectivo e secundário”, que é utilizado na literatura sobre um determinado tema como fonte primária de dados, com o intuito de obter um resumo de evidências, mediante a sistematização e aplicação de métodos de busca, para apreciação crítica e síntese de informação selecionada ou como também condição de interesse diante a população, o contexto, a intervenção e o desfecho.

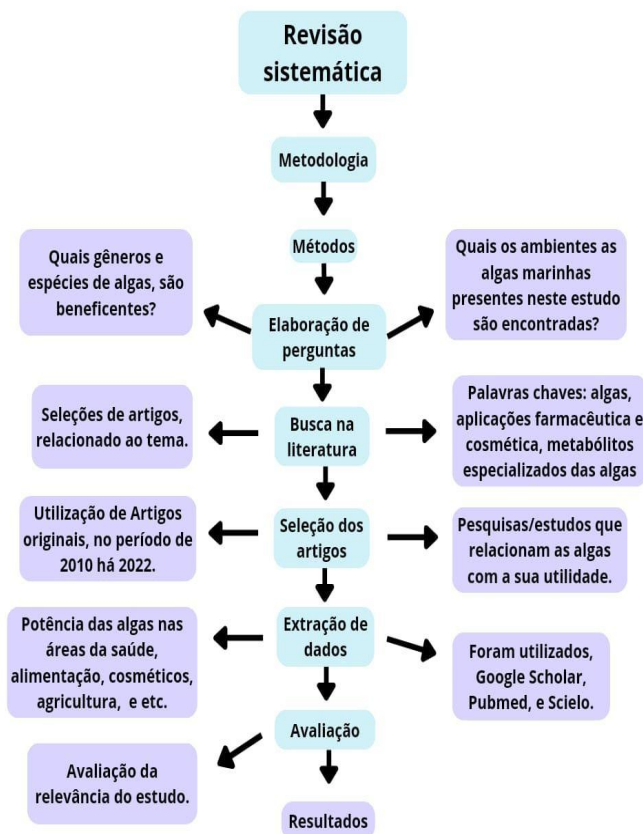
O interesse na aplicação das tecnologias em atividades relacionadas com o ensino e aprendizagem tem conduzido a uma ruptura das metodologias tradicionais de ensino que estão “cristalizadas” com o tempo. (Leite 2016, pág.88)

As revisões sistemáticas são pesquisas secundárias, que têm como estudos primários sua fonte de dados, de acordo com Galvão e Pereira (2014). Dessa forma, a revisão sistemática consiste numa metodologia rigorosa proposta que tem o intuito de: identificar os estudos sobre um tema em questão e aplicar métodos explícitos e sistematizados de busca, avaliando a qualidade e validade desses estudos, assim como seu contexto, onde as mudanças serão implementadas, para selecionar os estudos que irão fornecer as evidências científicas. Para o processo e sucesso de sua utilização, ela precisa vir acompanhada de uma profunda discussão e análise de estratégias metodológicas, que possam contribuir na construção de uma aprendizagem significativa para o educando (Leite, 2015).

O método de revisão sistemática é uma modalidade de pesquisa, que assim como outras modalidades segue protocolos específicos e busca dar sentido e lógica a um grande corpus documental. Assim como qualquer outro tipo de investigação científica. Diante disso para haver uma boa revisão sistemática requer, perguntas ou questões bem formuladas e claras. As revisões sistemáticas são desenhadas para ser explícitas e passíveis de reprodução. Esse tipo de estudo tem o objetivo de nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações e/ou identificação da quais os métodos de pesquisa serão utilizados em uma área.

Para a realização desta revisão sistemática, foi utilizado o seguinte roteiro de pesquisa, que pode ser observado na figura abaixo: 1º seleção dos artigos, 2º extração dos dados, 3º avaliação da qualidade metodológica e 4º publicação dos resultados. A Figura 01 representa o método “revisão sistemática” utilizado neste trabalho.

Figura 01: metodologia utilizada para os presente estudo.



Fonte: imagem do autor.

O levantamento bibliográfico em banco de dados online foi realizado considerando as publicações num intervalo entre os anos 2010 até 2022. Os descritores utilizados para a busca foram: algas, aplicações farmacêutica e cosmética, metabólitos especializados das algas. Os trabalhos deveriam ser escritos na língua portuguesa ou inglesa.

As bases de pesquisa acessadas foram: Google Scholar, Pubmed e Scielo. Os critérios para a seleção dos artigos foram estudos publicados em periódicos nacionais e internacionais, das mais diversas metodologias (experimentais, revisões de literatura), artigos dissertações e teses, o que proporcionou uma ampla abordagem para a temática proposta.

Para chegarmos ao resultado deste estudo, aplicou-se 6 palavras-chave atribuídas dos objetivos da pesquisa, que foram: algas com potencial biotecnológico; moléculas bioativas das algas; cosméticos a base de algas; algas na saúde; biocombustíveis a partir de algas e algas na alimentação. Estas combinações foram as mais variadas dentro desta temática. Esses termos foram inseridos de forma concomitante, podendo estar no título da pesquisa, no resumo ou palavras-chave.

Como técnicas de coleta de dados, foi utilizado o método estado da arte, que tem como objetivo de forma geral, construir um mapeamento de toda a produção acadêmica sobre a temática das pesquisas específicas. Esta é uma das partes mais importantes do estudo, pois reúne as conclusões que outras pesquisas científicas chegaram sobre o assunto. Definida como de caráter bibliográfico, este método traz em comum o desafio de mapear, analisar e discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando construir aspectos e dimensões que vêm sendo destacados em diferentes épocas, lugares, formas e condições. São, sem dúvida, de grande importância, pois pesquisas desse tipo podem conduzir à plena compreensão ou totalidade do estado atingido pelo conhecimento a respeito de determinado tema - sua amplitude, tendências teóricas, vertentes metodológicas (Soares, 1999).

Quadro 01: Artigos e revistas que foram utilizados como objeto de estudo deste artigo:

REVISTA	AUTOR	ARTIGO
Journal of Complementary and Integrative Medicine, v. 17, n. 4, 2020.	AZIZ, E.; BATOOL, R.; KHAN, M.; RAUF, A.; AKHTAR, W.; HEYDARI, M.; REHMAN, S.; SHAHZAD, T.; MALIK, A.; MOSAVAT, S.; PLYGUN, S.; SHARIATI, M.	An overview on red algae bioactive compounds and their pharmaceutical applications.
Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 49-60.	BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Introdução As algas do Brasil. In: FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM	Catálogo de plantas e fungos do Brasil.

	BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO	
Agroenergia em revista, 2016	Microalgas: Alternativas Promissoras Para A Indústria	BRASIL , B.; GARCIA, L. C.
UFRN/ Biblioteca Setorial do Centro de Biociências – Natal, RN, 2010.	Atividade anticoagulante e antioxidante de extratos brutos ricos em polissacarídeos sulfatados das macroalgas marinhas marrons <i>Canistrocarpus cervicornis</i> , <i>Dictyota mertensii</i> e <i>Dictyopteris delicatula</i> e de heterofucanas de <i>Canistrocarpus cervicornis</i> .	CÂMARA, R.
Research methods in education. (eight edition) 2018	COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K.	Abingdon, Oxon
Acta Iguazu, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 69–76, 2000.	DA COSTA, M. A.; CAMARGO NOGUEIRA, C. E.; ALVES, H. J.; MAGNABOSCO MARRA, B.; CIDEMAR ALAB, J. H.	O USO DE MACROALGAS MARINHAS NA AGRICULTURA.
Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, v. 7, n. 2, p. 295-313, 2014.	DAPPER, T. B.; PUJARRA, S.; OLIVEIRA, A. J.; OLIVEIRA, F. G.; PAULERT, R	Potencialidades das Macroalgas Marinhas na Agricultura
LEVINE, I.; FLEURENCE, (ed.). Seaweed in Health and Disease Prevention. Amsterdam, e Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 2, p. 7-40, 2016	DELANEY, A.; FRANGOUEDES, K.; LI, S. A	Society and Seaweed: Understanding the Past and Present.

Artmed, 2006, p. 15-42.	DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S.	Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.
Fortaleza: Pro-reitoria de Extensão da UFC. p 6-7. 2006	SANTOS, C. ; LOURENCO, J. A. ; WIEGAND, M. C. ; PENAFORT, J. M. ; IGARASHI, M. A.	Aspectos do cultivo de algas marinhas com vistas a sustentabilidade da atividade. In: Semana do Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará
GEN, 2014.	EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S.	biologia vegetal. P. 660 - 679.
Educação & sociedade, v. 23, p. 257-272, 2002.	FERREIRA, NORMA SANDRA DE ALMEIDA..	As pesquisas denominadas" estado da arte".
Epidemiol Serv Saude. 2014 mar;23(1):183-4.	GALVÃO T, PEREIRA M. G.	Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração.
Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Medicamentos e Cosméticos. Ribeirão Preto, 2013.	GIANETI, MIRELA DONATO	Estabilidade e eficácia clínica de formulações Dermocosméticas contendo filtros solares, vitaminas lipossolúveis e extratos de Ginkgo biloba e algas marinhas vermelhas.
5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.	GIL, A. C.	Métodos e técnicas de pesquisa social.
Rome, 2022. 88 p.	HURTADO, A. Q.	Genetic resources for farmed seaweeds. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Revista tecnologias na Educação, v. 25, p. 1–16, jul. 2018.	LEITE, B. S.	Revisão sistemática sobre as produções científicas da Revista Tecnologias na 56 Educação.
Grupo Almedina, 2021.	MATTAR, J.; RAMOS, D. K.	Metodologia da Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas.
DePaula, R. C. M., DePaula, H.C.B., Feitosa, J.P.A., eds Polissacarídeos da biodiversidade brasileira, Fortaleza: Imprensa Universitária 52-104. 2018.	NOSEDA, M.D, GONÇALVES, A.G, FERREIRA, L.G, DUCATTI, D.R.B., VIANA, A.G., CASSOLATO, J.E.F., FARIA-TISCHER, P.C.S. ZIBETTI, R.G.M. & DUARTE, M.E.R.	Polissacarídeos e macroalgas marinhas: estrutura química e atividade biológica.

1st edition. CRC Press, Boca Raton FL, 442 pp. 2015.	PEREIRA, L.	Edible Seaweeds of the World
Rev. bras. fisioter., São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, fev. 2007.	SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C.	Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.
São Paulo: Cortez, 2007.	SEVERINO, ANTONIO JOAQUIM.	Metodologia do Trabalho Científico.
Freshwater Algae of North America, p. 237-264, 2015.	SHEATH, R.; VIS, M.	Red Algae
INEP/Santiago: Reduc, 1999.	SOARES, MAGDA BEATA..	Alfabetização no Brasil: o Estado do Conhecimento. Brasília.

Revista Virtual de Química, v. 5, n. 3, p. 343-362, 2013.	TEIXEIRA, V. L.	Produtos naturais de algas marinhas bentônicas.
---	-----------------	---

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

5 - REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 - Definição e classificação das algas marinhas

As algas são divididas e classificadas em três grupos denominados algas verdes, algas pardas e algas vermelhas. Atualmente, a Indonésia é o país com maior produção de algas vermelhas, que são do filo *Rodophyta*, como a *Eucheuma*, *Gracilaria* e *Kappaphycus* (Hurtado, 2022).

Elas são de muitas formas, tamanhos, cores e composição diferentes e ocupam vários *habtats*. Algumas espécies permanecem presas a rochas ou outro material de suporte, enquanto outras estão ligadas ao fundo do oceano, através de “raízes”, enquanto outras espécies flutuam na superfície da água e formam uma ou várias colônias (Murty e Banerjee, 2012). O termo “alga marinha” não tem valor taxonômico, mas é um termo popular usado para descrever as grandes algas marinhas comuns (Gianeti, 2013).

As macroalgas marinhas são classificadas conforme a predominância pigmentar acessória ou fotossintética presente no organismo, sendo assim divididas em: *Chlorophyceae* (algas verdes), que possuem as clorofilas a e b como principais pigmentos; *Rhodophyceae* (algas vermelhas), cujo principal pigmento é a ficoeritrina; e *Phaeophyceae* (algas marrons ou pardas) que apresentam como principal pigmento o carotenóide fucoxantina (Sullivan *et al.*, 2010).

As macroalgas verdes são didaticamente incluídas no reino Plantae, já as macroalgas marrons e vermelhas no reino Protista. Em 2005, no entanto, a Sociedade Internacional de Protistologistas baseando-se em estudos de filogenia molecular, propôs uma nova classificação dos seres vivos, transformando os antigos reinos clássicos do domínio eucariota (Animalia, Plantae, Fungi e Protista) em seis novos reinos (Opisthokonta, Amoebozoa, Plantae, Chromalveolata, Rhizaria e Excavata) (Adl *et al.*, 2005; Simpson; Roger, 2004). Nesta nova classificação as

macroalgas vermelhas foram incluídas no reino Plantae, junto às verdes, enquanto que as marrons encontram-se no reino Chromalveolata (filo Stramenopiles). Essa nova classificação ainda está sofrendo duras críticas, e ao que parece ainda sofrerá algumas mudanças até que seja estabelecida. No entanto, está claro que as algas vermelhas e, principalmente, as verdes apresentam uma maior semelhança filogenética com as plantas do que as algas marrons (Roger; Simpson, 2009). Desta forma deve-se ter ainda mais cautela ao classificar algas marrons como plantas, como ocorre popularmente (Gianeti, 2013).

Ao longo da zona costeira rochosa, podem ser encontradas as macroalgas, de maior porte e complexidade, que são membros das algas pardas, vermelhas e verdes. Na maré baixa, distinguem-se facilmente padrões estriados ou camadas no costão rochoso que refletem a posição das espécies de algas em relação à sua capacidade de sobreviver à exposição. As algas desta zona intertidal são submetidas duas vezes/dia a grandes flutuações de umidade, temperatura, salinidade e luz, além de estarem expostas à rebentação e às forças abrasivas dos movimentos da água. Algas marinhas encontradas próximo aos Polos Norte e Sul têm de resistir a meses de escuridão sob a camada de gelo. As macroalgas marinhas são também alvos de uma infinidade de herbívoros e hospedeiras de microrganismos patogênicos. A complexidade da bioquímica, estrutura e histórico de vida das algas marinhas reflete a adaptação a todos esses desafios físicos e biológicos (Evert; Eichhorn, 2014).

Ancorados para além da zona costeira, fora do alcance das ondas, conjuntos de grandes algas pardas chamadas kelps formam verdadeiras florestas que fornecem abrigo a uma rica variedade de peixes e invertebrados, alguns dos quais de grande valor para a alimentação humana. Muitos grandes carnívoros, incluindo lontras-do-mar e atuns, encontram alimento e refúgio nesses leitos de kelps, tais como aqueles ao largo da costa da Califórnia (EUA). Os próprios kelps são colhidos pelo ser humano, juntamente com algumas espécies de algas vermelhas, para a fabricação de produtos industrializados (Evert; Eichhorn, 2014).

O conhecimento das algas é, de modo geral, diretamente proporcional ao avanço dos equipamentos ópticos e ao desenvolvimento de novas técnicas de estudo dos materiais ao microscópio. Nos últimos 25 ou 30 anos houve um grande aprimoramento de certos equipamentos, principalmente de microscopia eletrônica, e o desenvolvimento de novas técnicas de estudo que tornou possíveis novas

perspectivas e a obtenção de dados adicionais sobre a evolução dos diferentes grupos de algas. Descobrimientos recentes levaram à postulação de ideias sobre a evolução e, por conseguinte, à proposição de uma grande quantidade de hipóteses filogenéticas e de classificação das algas. Não existe, por certo, unanimidade a respeito de determinados conceitos ou pontos de vista, mas alguns deles já se encontram bem discutidos e plenamente estabelecidos. Tais conceitos são os seguintes: a origem de plastídios e mitocôndrios a partir de processo de endossimbiose; a evolução do processo mitótico e, mais especificamente, do tipo de fuso mitótico, se intra ou extranuclear; e a ultraestrutura da raiz dos flagelos (Hobberd & Norris, 1984; Patterson, 1989).

As filogenias baseadas em caracteres moleculares, quando comparadas a aspectos de ultraestrutura, confirmaram as maiores linhagens de algas anteriormente propostas. Em particular, o tipo de crista mitocondrial, caráter destacadamente conservativo, é coerente com dados de filogenia molecular (Taylor, 1999)

5.2 - Estudos de algas marinhas em geral

Durante mais de um século, até 1950, as contribuições em prol do conhecimento das algas do Brasil, tanto marinhas quanto de águas continentais, foram geralmente resultado da colaboração de pesquisadores estrangeiros, que nem sempre coletaram seus próprios materiais. Em sua quase totalidade, as coletas de algas foram efetuadas por não especialistas e de maneira extremamente pontual. Essas coleções carecem de dados importantes, como localidade e habitat precisos, além de não serem representativas em termos de cobertura de amostragem no território nacional. No caso específico das algas de águas continentais, restringiram-se a dois estados da Região Norte (Amazonas e Pará), a praticamente todo o Nordeste e a três estados da Região Sudeste (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro) (Bicudo; Menezes, 2010).

Em 1910 foi publicado o primeiro estudo feito no Brasil a partir de material brasileiro, com a participação de um autor nacional. Liderado pelo médico sanitaria Max Hartmann, do Instituto de Moléstias Infecciosas (Institut für Infektionskrankheiten) de Berlim, o trabalho contou com a colaboração do médico brasileiro, também sanitaria, Carlos Chagas. Trata-se do estudo de material coletado em dois alagados em Manguinhos, estado do Rio de Janeiro, em que os

autores descreveram as estruturas do núcleo e do aparelho flagelar e a divisão nuclear de sete espécies de flagelados, duas das quais estão atualmente classificadas entre os protozoários e as outras cinco entre as algas, sendo duas *Cryptophyceae*, duas *Chrysophyceae* e uma *Euglenophyceae* (Hartmann & Chagas, 1910).

5.3 - Algas marinhas marrons

A coloração deve-se pela preponderância de carotenóides, principalmente a fucoxantina, resultando na coloração parda, em vez do verde, comum em plantas. As algas desse grupo possuem clorofilas do tipo a, C1, C2 e C3, e pigmentos acessórios, *βcaroteno*, *fucoxantina* e *xantofila* (Barsanti; Gualtieri, 2006).

Um grupo quase totalmente marinho, inclui as algas marinhas bentônicas mais conspícuas das águas temperadas, boreais e polares. Apesar de haver somente cerca de 1.500 espécies, as algas pardas dominam as praias rochosas ao longo das regiões mais frias do globo. Muitas pessoas já observaram costões rochosos cobertos por algas pardas, membros da ordem Fucales. As maiores algas pardas, da ordem Laminariales, algumas das quais formam bancos extensos a pouca distância da costa, são chamadas kelps. Em águas claras, as algas pardas ocorrem desde o nível da maré baixa até a uma profundidade de 20 a 30 m. É digno de nota que bancos tropicais de kelp foram encontrados no oceano próximo às ilhas Galápagos em uma profundidade de aproximadamente 60 metros. Em costões com declividade suave, os bancos de kelp podem estender-se por 5 a 10 quilômetros da costa (Evert; Eichhorn, 2014).

Um membro da ordem *Fucales*, o *Sargassum*, forma imensas massas flutuantes no Mar dos Sargaços (assim denominado devido à abundância de *Sargassum*), no Oceano Atlântico, a nordeste do Caribe. *Sargassum muticum* e algumas outras algas pardas podem produzir crescimentos indesejáveis quando introduzidas em áreas não nativas, podendo interferir seriamente em atividades de maricultura comercial. *Sargassum* pode também competir e substituir membros de *Laminariales* e *Fucales* que, em suas comunidades, são considerados espécies-chave ou essenciais (Evert; Eichhorn, 2014).

Apesar de ser um grupo monofilético, as algas pardas variam em tamanho, desde formas microscópicas até macroalgas, como os kelps, os quais têm 60 metros de comprimento e pesam mais de 300 quilos. A forma básica de uma alga parda é o

talo, um corpo vegetativo simples, relativamente indiferenciado. Os talos variam em complexidade desde filamentos simples ramificados, como em *Ectocarpus*, até agregações de filamentos ramificados que são chamados pseudo parênquimas, pois se parecem com tecidos verdadeiros, os parênquimas autênticos que são encontrados em *Macrocystis*. Assim como em certas algas verdes e em plantas, células adjacentes são tipicamente ligadas por plasmodesmos. Ao contrário dos plasmodesmos das plantas, os das algas pardas não parecem ter desmotúbulos conectando o retículo endoplasmático de células adjacentes (Evert; Eichhorn, 2014).

5.4 - Algas marinhas vermelhas

As rodófitas, popularmente conhecidas como algas vermelhas, se referem a um filo de organismos que possuem a seguinte atribuição de características: células eucarióticas, falta de flagelos, pigmentos de ficobiliproteínas (vermelho e azul). São seres principalmente marinhos em distribuição, com menos de 3% das 6.500 espécies ocorrendo em habitats verdadeiramente doces, indicando que as rodófitas de água doce têm uma diversidade relativamente baixa, se comparada a outros grupos de algas (Sheath; Vis, 2015). Sua distribuição geográfica também diz respeito à suas formas e tamanhos, sendo encontradas espécies maiores e com talos maciços em regiões frias e temperadas, e espécies menores e filamentosas em áreas tropicais (Cian, 2015).

Todas as macroalgas possuem clorofila *a*, sendo as clorofilas *a* e *b* os pigmentos majoritários nas verdes; nas macroalgas vermelhas, além das clorofilas *a* e *b*, os pigmentos mais abundantes são as ficoeritrinas (pigmentos vermelhos), enquanto nas pardas, além das clorofilas *a* e *c*, os carotenoides como a fucoxantina são os pigmentos predominantes (Teixeira, 2013).

Com uma infinidade de utilização, as algas vermelhas se tornam objetos de estudos em diversos segmentos, principalmente no estudo das suas propriedades biológicas. O crescimento nas últimas décadas das aplicações biotecnológicas de algas vermelhas se deve aos polissacarídeos derivados de tais algas, pois os mesmos são ferramentas relevantes no ponto de vista da composição de fármacos via nanotecnologia (Aziz *et al.*, 2020).

5.5 - Algas marinhas verdes

As algas verdes, também denominadas de clorófitas, representam o maior e mais diversificado grupo de algas, compreendendo pelo menos 17 mil espécies, e não se limitando aos níveis de espécie, mas também em padrões estruturais, morfológicos e reprodutivos (Raven *et al.*, 2001).

As algas verdes, incluindo pelo menos 17.000 espécies, são diversificadas na estrutura e no histórico de vida. Embora a maioria das algas verdes seja aquática, elas são encontradas em uma ampla variedade de habitats, incluindo a superfície da neve sobre os troncos das árvores, no solo e em associações simbióticas com os fungos (constituindo os líquens), os protozoários de água doce, as esponjas e os celenterados. Uma população surpreendentemente diversa de algas verdes unicelulares, microscópicas e de vida livre é encontrada em crostas microbióticas de desertos de todo o planeta. Além das algas verdes, essas crostas contêm comunidades de cianobactérias, diatomáceas, líquens, briófitas e outros táxons, ligadas à camada superior do solo (Evert; Eichhorn, 2014).

Os dados fisiológicos e de sistemática molecular indicam que essas algas do deserto evoluíram muitas vezes de algas verdes de água doce. Algumas algas verdes – tais como as espécies dos gêneros unicelulares *Chlamydomonas* e *Chloromonas*, encontradas crescendo sobre a superfície da neve e a alga filamentosa *Trentepohlia*, que cresce sobre rochas e troncos ou ramos de árvores – produzem grandes quantidades de carotenoides, que funcionam como uma proteção contra a luz intensa. Esses pigmentos acessórios conferem à alga uma coloração laranja, vermelha ou ferrugem. A maioria das algas verdes aquáticas é encontrada em água doce, mas alguns grupos são marinhos. Muitas algas verdes são microscópicas, embora algumas espécies marinhas atinjam grandes dimensões. *Codium magnum* do México, por exemplo, algumas vezes alcança uma largura de 25 cm e um comprimento superior a 8 metros (Evert; Eichhorn, 2014).

Sistemas tradicionais de classificação agrupam as algas verdes de acordo com a sua aparência externa. Flagelados unicelulares são agrupados juntos, tipos filamentosos são agrupados juntos, e assim por diante. No entanto, como observamos anteriormente quanto às algas pardas, as algas verdes relacionadas não podem ser sempre reconhecidas pelas suas características externas. A evidência de parentesco é agora revelada pelos estudos ultraestruturais de mitose,

citocinese e células reprodutivas, assim como pelas semelhanças moleculares. Essa informação recente resultou em um novo agrupamento sistemático das algas verdes dentro de várias classes, três das quais – *Chlorophyceae*, *Ulvoephyceae* e *Charophyceae* (Evert; Eichhorn, 2014).

A semelhança de algas verdes com as briófitas e as plantas vasculares, as quais são adaptadas para a vida terrestre, é reconhecida há muito tempo. As algas verdes, briófitas e plantas vasculares são os únicos grupos de organismos que contêm clorofilas a e b e armazenam amido no interior dos plastos. Algumas algas verdes são semelhantes às briófitas e plantas vasculares, apresentando paredes celulares rígidas, compostas de celulose, hemiceluloses e substâncias pécticas. Além disso, a estrutura microscópica das células reprodutivas flageladas em algumas algas verdes assemelha-se aos anterozóides das plantas. Essas características, juntamente com dados moleculares, indicam fortemente que as algas verdes e plantas terrestres (briófitas e as plantas vasculares) formam um grupo monofilético conhecido como Viridiplantae (viridófitos ou plantas verdes) (Evert; Eichhorn, 2014).

6 - MORFOLOGIA DAS ALGAS

As macroalgas mostram uma elevada variedade morfológica, diferindo em tamanho, complexidade e longevidade (Gestoso *et al.* 2010). Algumas macroalgas apresentam-se sob a forma de pequenos discos delgados, ou de incrustações, aderentes ao substrato. Esses talos dizem-se prostrados. No entanto, a maior parte dos talos das algas são eretos, pelo menos quando imersos. O talo de uma alga divide-se em fronte, a parte mais ereta, constituída pelo estipe e lâmina, e o órgão de fixação, normalmente discreto, com forma de um pequeno disco ou de um tufo de finos elementos alongados e incolores, designados rizóides. Só as algas de grandes dimensões apresentam um aparelho de fixação mais robusto, composto por elementos mais ou menos curvos, os ápteros.

Figura 02: Representação genérica da morfologia de uma macroalga.



Fonte: Pereira L. (2009).

As macroalgas apresentam diferentes consistências ou texturas ao toque, que nos podem facilitar na sua identificação. Assim, existem talos com uma textura cartilaginosa (lembram cartilagem), coriácea (lembram couro), mucilaginosa (lembram mucilagem); esponjosa (lembram esponjas), etc., e alguns talos, ditos calcários (pois as suas células encontram-se impregnadas de carbonato de cálcio) possuem uma consistência dura como pedra (Pereira, 2015).

7 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ALGAS NOS ECOSISTEMAS MARINHOS

O primeiro registro da ocorrência de algas no Brasil está em Raddi (1823). Encontram-se aí descritas de maneira muito sucinta quatro espécies de formas marinhas macroscópicas bentônicas (*Fucus natans* L., *Fucus bacciferus* Turner, *Fucus flagelliformis* var. *tortilis* Turner e *Ulva undulata* Raddi) que ele mesmo coletou no litoral do estado do Rio de Janeiro.

Em 1950 que Aylthon Brandão Joly, professor na Universidade de São Paulo, realmente assumiu a tarefa de estudar as algas do Brasil. Denominado o “pai da ficologia brasileira”, Joly publicou a primeira ficoflora do país (Joly 1957) ao inventariar as algas marinhas macroscópicas bentônicas da Baía de Santos e arredores.

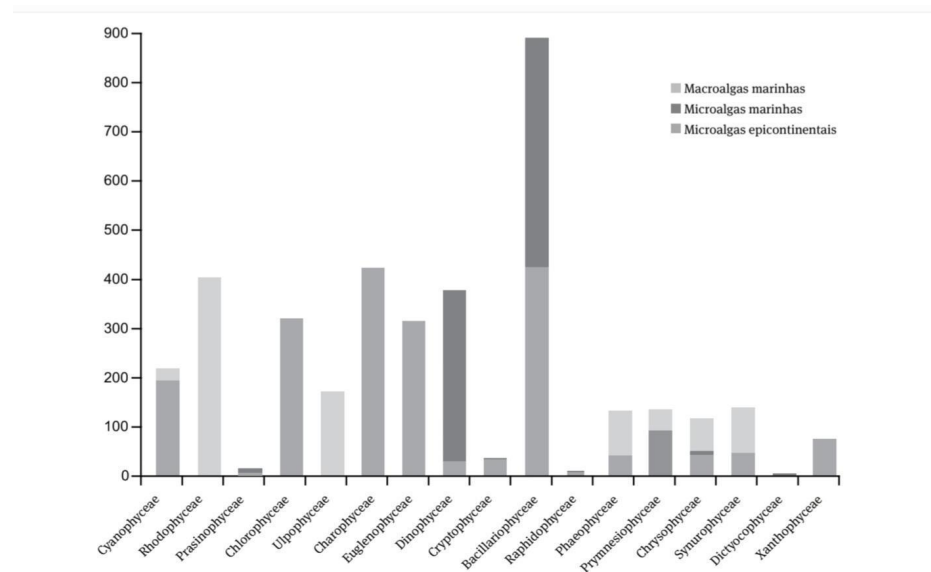
Na área Nordeste do Brasil, uma variedade de macroalgas está principalmente ligada às influências do meio ambiente, que persistem durante todo o ano (tais como temperatura, salinidade e luz), bem como ao leito rochoso. Esse leito rochoso é predominantemente constituído por arrecifes de arenito que são colonizados (Horta *et al.*, 2001).

A classe *Rhodophyceae* (1.666 táxons) é a que apresenta a maior diversidade na costa do Brasil, seguida das *Ulvophyceae* (734 táxons) e *Phaeophyceae* (453 táxons), o que era esperado, uma vez que as *Rhodophyceae* constituem a classe de macroalgas marinhas bentônicas com o maior número de espécies (aproximadamente 4.000) (Lee 2008).

As estimativas mais arrebatadas calculam em 40.000 o número de espécies de algas que ocorrem no mundo (Wilson 1992), e as mais conservadoras, em 26.900 (Hammond 1992). O Brasil carece desse tipo de informação, a despeito de Bicudo *et al.* (1998) calcularem em torno de 5.000 o número de espécies já referidas para o país. Menezes & Bicudo (2009) praticamente ratificaram os dados de Bicudo *et al.* (1998) e estimaram em 5.614 o número de espécies para o território nacional, distribuídas em 3.689 epicontinentais (164 *Cyanophyceae*, 50 *Rhodophyceae*, 10 *Prasinophyceae*, 700 *Chlorophyceae*, 875 *Charophyceae*, 370 *Euglenophyceae*, 42 *Dinophyceae*, 20 *Cryptophyceae*, 1200 *Bacillariophyceae*, 10 *Raphidophyceae*, 2 *Prymnesiophyceae*, 14 *Chrysophyceae*, 40 *Synurophyceae*, 62 *Xanthophyceae*), e 1.925 marinhas (164 *Cyanophyceae*, 455 *Rhodophyceae*, 2 *Prasinophyceae*, 223 *Ulvophyceae*, 6 *Euglenophyceae*, 296 *Dinophyceae*, 653 *Bacillariophyceae*, 2 *Raphidophyceae*, 92 *Phaeophyceae*, 27 *Prymnesiophyceae*, 5 *Dictyocophyceae*).

Os resultados alcançados no presente catálogo confirmam a ocorrência de 3.497 espécies (1.988 epicontinentais e 1.541 marinhas) reunidas em 829 gêneros e 17 classes de algas. Deste total, dois gêneros e 52 espécies são endêmicos do Brasil. (Bicudo; M. 2010)

Gráfico 01: número de espécies de algas, ordenado por ambiente e classe taxonômica



Fonte: Bicudo; Menezes (2010).

Tabela 1: número de gêneros, espécies, categorias infraespecíficas e táxons endêmicos de algas, ordenado por classe taxonômica

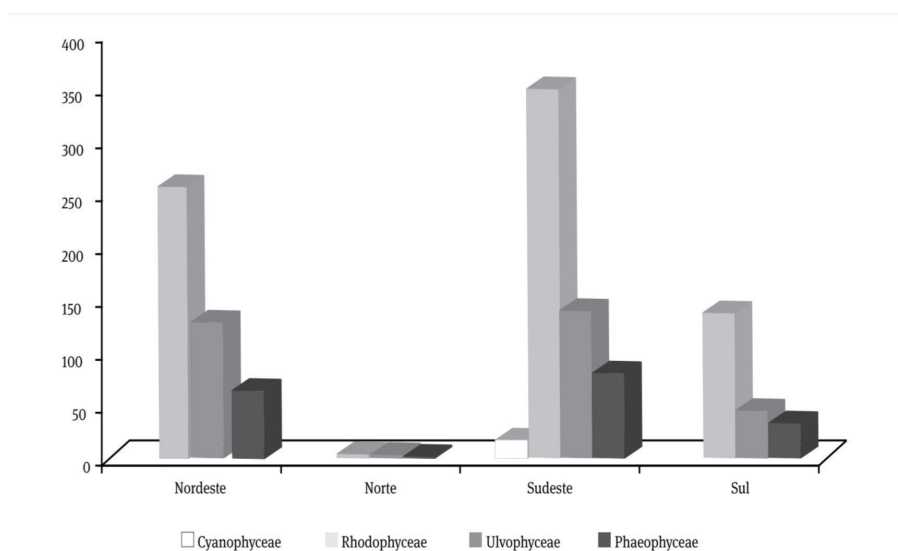
CLASSES	GÊNEROS		ESPÉCIES		SUB-ESPÉCIES		VARIEDADES	
	TOTAL	ENDÊMICOS	TOTAL	ENDÊMICAS	TOTAL	ENDÊMICAS	TOTAL	ENDÊMICAS
Cyanophyceae	89	0	208	3	0	0	1	0
Rhodophyceae	153	2	402	6	3	0	14	2
Prasinophyceae	8	0	15	0	0	0	0	0
Chlorophyceae	88	0	319	2	0	0	80	0
Charophyceae	35	0	419	11	3	0	279	19
Euglenophyceae	20	0	311	13	0	0	213	15
Dinophyceae	65	0	374	0	0	0	0	0
Cryptophyceae	9	0	35	3	0	0	2	0
Bacillariophyceae	163	0	888	5	0	0	320	0
Raphidophyceae	6	0	9	0	0	0	0	0
Prymnesiophyceae	46	0	93	0	0	0	0	0
Chrysophyceae	17	0	43	3	0	0	2	0
Synurophyceae	3	0	42	0	0	0	15	1
Xanthophyceae	28	0	71	2	0	0	4	0
Phaeophyceae	48	0	94	2	0	0	14	0
Ulvophyceae	49	0	170	2	2	0	23	0
Dictyocophyceae	2	0	4	0	0	0	0	0

Fonte: Bicudo; Menezes (2010).

O conhecimento das algas marinhas macroscópicas bentônicas é, comparativamente, mais uniforme ao longo da costa brasileira, embora também haja

um maior volume de informação sobre os estados das regiões Nordeste e Sudeste (tabela 1). O fato a se considerar é que quase toda a informação dessas algas vem do material coletado na região intramareal, isto é, da faixa litorânea descoberta pela maré baixa e coberta pela maré alta. Muito pouco ainda se sabe sobre as algas que habitam o infralitoral, qual seja, a faixa jamais descoberta pela maré mais baixa. O mesmo vale para as algas que habitam os litorais de ilhas e parciais de nosso país (Bicudo; Menezes. 2010).

Gráfico 02: número de espécies de macroalgas marinhas, ordenado por região e classe taxonômica.



Fonte: Bicudo; Menezes (2010)

7.1 - Principais algas marinhas do litoral potiguar

Um estudo realizado por Bicudo & Menezes (2010), que trata sobre estatísticas de algas no Brasil, informou que o número de espécies de algas epicontinentais por classe taxonômica do estado do Rio Grande do Norte são: 10 espécies da classe *Bacillariophyceae*, 10 espécies *Euglenophyceae*, 12 espécies da classe *Chlorophyceae*, 01 espécie da classe *Charophyceae*, 01 espécie da classe *Xanthophyceae*, e 26 espécies da classe *Cyanophyceae*.

8 - USOS E APLICAÇÕES DAS ALGAS MARINHAS

A biotecnologia das algas pode ser desenvolvida para diversas aplicações em diferentes bioprodutos, dentre os quais podemos citar os combustíveis, fármacos, cosméticos e suplementos alimentares, que consistem em produtos de valor agregado e que podem ser produzidos em pequena e média escala, principalmente na China, no Japão e nos Estados Unidos (Brasil & Garcia, 2016). A produção de microalgas constitui uma tendência mais recente e crescente com relação ao cultivo de algas, onde sua produção anual mundial de biomassa triplicou no período de 2004 a 2013 (Brasil & Garcia, 2016).

8.1 - Algas como alimento humano

Para a grande maioria da população mundial, as macroalgas participam de suas vidas sem que elas tenham conhecimento destas discussões de sistemática. Milhões de pessoas nos países asiáticos consomem toneladas de macroalgas como alimento, sendo a China, o Japão e a Coreia do Sul os maiores cultivadores e consumidores desses organismos (Bocanegra *et al.*, 2009; Dhargalkar; Pereira, 2005). As macroalgas marinhas apresentam um alto valor nutritivo, são ricas em carotenóides, proteínas, fibras dietéticas, ácidos graxos essenciais, vitaminas (C, D, E, K e do complexo B), minerais (cálcio, fósforo, sódio, magnésio, ferro, cobre, manganês, potássio, iodo, dentre outros) (Burtin, 2003; Macartain *et al.*, 2007; Ortiz *et al.*, 2009) e ainda produzem outros metabólitos com potencial econômico, inclusive farmacológico, como lectinas, aminoácidos tipo-micosporinas, compostos halogenados, e principalmente polissacarídeos sulfatados, que fazem destes organismos foco das mais diversas pesquisas biomédicas (Cardozo *et al.*, 2007; Mayer *et al.*, 2009; O'Sullivan *et al.*, 2010).

8.2 - Aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética

Estudos realizados em humanos mostraram que, após quatro semanas de uso de uma formulação contendo extratos ricos em aminoácidos semelhantes à micosporina, ocorreram melhora na firmeza e suavidade da pele e, ainda, diminuição de rugas (Daniel *et al.*, 2004). Dentre esses extratos destaca-se o extrato obtido das algas marinhas vermelhas (*Porphyra umbilicalis*) que tem sido proposto por

apresentar alta concentração de substâncias ativas responsáveis pelo efeito protetor contra a radiação solar (Cardozo *et al.*, 2007, 2008).

É de extrema importância um estudo criterioso de formulações fotoprotetoras que contenham associações de vitaminas A, C, E e extratos de Ginkgo biloba e algas marinhas vermelhas, no que se refere à estabilidade física e química, para garantir que as características do produto sejam mantidas durante todo seu tempo de prateleira, bem como a eficácia de tais formulações (Gianeti, 2013).

Para a comprovação da eficácia proposta para a formulação objeto de estudo é imprescindível a avaliação clínica dos efeitos benéficos da associação das substâncias ativas, por métodos inovadores e não invasivos na pele humana, para a obtenção de produtos cosméticos que contemplem todos os requisitos de qualidade exigidos, com comprovação científica, garantindo a eficácia dos mesmos para o consumidor (Gianeti, 2013).

A heparina é um polissacarídeo sulfatado de origem animal, extraído para uso comercial de intestino de suínos, ela apresenta alta atividade anticoagulante devido, principalmente, ao fato de possuir vários sítios de ação. Entretanto, pode apresentar algumas reações adversas, como o aparecimento de trombocitopenia, osteopenia e efeito hemorrágico residual em alguns pacientes. Além desses riscos, apesar de não ter casos confirmados, há a possibilidade de ocorrer a contaminação viral, uma vez que é obtida através de tecidos animais. Devido a essas complicações decorrentes do uso da heparina a procura por novos compostos anticoagulantes tem aumentado consideravelmente. Diante desses fatos, a busca por novos compostos anticoagulantes tem se intensificado e um dos principais compostos estudados são os polissacarídeos sulfatados. Sendo as macroalgas, os organismos que apresentam uma maior quantidade desses biopolímeros. A grande vantagem dos polissacarídeos sulfatados em relação a outros compostos é que eles apresentam tanto atividade anticoagulante como antioxidante, deixando-os em foco no tratamento de várias doenças, como as cardiovasculares. (Câmara, R. 2010)

8.3 - Potencial para biocombustíveis

Tendo em vista a preocupação com as repercussões da liberação de carbono por combustíveis fósseis e com o aquecimento global, grandes esforços têm sido envidados para descobrir fontes renováveis de energia, sobretudo combustíveis líquidos para transporte. Nos EUA, o milho tem sido utilizado para produzir etanol,

mas há dúvidas quanto à viabilidade econômica desse uso do milho. Além disso, a demanda do milho como fonte de etanol compete com a demanda do milho como alimento. O etanol de celulose obtido da gramínea *Panicum virgatum* e de aparas de madeira ainda está em fase de pesquisa (Evert; Eichhorn, 2014).

Uma resposta para o problema de energia é o cultivo de algas para a produção de biocombustível. O cultivo de algas não demanda o uso de valiosos recursos agrícolas. Além disso, a produção de biomassa de algas pode ser cinco a dez vezes maior do que a da agricultura baseada em solo. As duas maneiras mais comuns de produzir biocombustível a partir de algas são: fermentação da biomassa de algas e crescimento industrial de algas para extração de óleo. Nas algas pardas e nas algas verdes, grande parte da biomassa consiste em paredes celulares ricas em celulose. A celulose e outros carboidratos celulares podem ser fermentados a etanol. Outras algas, como as diatomáceas, armazenam quantidades relativamente altas de óleo e são promissoras para a extração de óleo no futuro (Evert; Eichhorn, 2014).

Atualmente a filtragem da água com algas (Algal Turf Scrubbers® – ATSTM) é um sistema relativamente barato e muito produtivo para a produção em massa de algas. Esse sistema, pioneiro no tratamento de esgoto, consiste em uma comunidade de algas (turf) que cresce em telas em um conduto de água raso ou calha através da qual a água é bombeada. À medida que a água desce pela calha, as algas produzem oxigênio e removem nutrientes por meio de atividade biológica (Evert; Eichhorn, 2014).

8.4 - Uso em agricultura e aquicultura

Os extratos de macroalgas possuem em sua composição nutrientes e aminoácidos que 21 são essenciais para o desenvolvimento vegetal, isso faz com que muitos produtores utilizem esses extratos com o propósito de aumentar a produção e reduzir a dependência de insumos químicos (Dapper et al., 2014).

As algas têm sido utilizadas desde a antiguidade, diretamente ou previamente compostada, como adubo e, como agentes de condicionamento de solo (Chapman e Chapman, 1980; Lembi e Waaland, 1988, Metting *et al.*, 1990, Newton, 1951, Apud Craigie, 2010) Geralmente, extrato destas algas contém macro e micronutrientes, aminoácidos, vitaminas, citocininas, auxina e ácido

abscísico, como substâncias promotoras do crescimento (Mooney e Van Staden, 1986).

O fornecimento de macro e micronutrientes para as plantas via uso de fertilizantes e corretivos agrícolas, são responsáveis por cerca de 50% dos ganhos de produtividade das culturas (Lopes e Guilherme, 2000). No caso dos aminoácidos, embora não se tenham muitos dados sobre seu uso como adubo, Castro (2009) relata a importância destes na absorção e transporte de nutrientes minerais através da membrana celular, agindo como quelantes, além de outras funções como: componente das proteínas; precursores de hormônios vegetais endógenos, maior resistência ao estresse hídrico e da alta temperatura; maior resistência ao ataque de patógenos e pragas; e redutores de gasto de energia para a síntese de proteínas (Lambais, 2011).

Tabela 2: Montante financeiro movimentado pela indústria de algas no mundo em 2004.

Produtos	Montante (milhões US\$)
Alimentação humana	5,290
Ficocolóides	650
Ficosuplementos	53
(Aditivos do solo)	(30)
(Agroquímicos)	(10)
(Alimentação animal)	(10)
(Outros)	(3)
Total	5,993

Fonte: Adaptado de Chopin e Sawhney (2009) por (Da Costa, M. A.; Camargo Nogueira, C. E.; Alves, H. J.; Magnabosco Marra, B.; Cidemar Alab, J. H. 2000).

O conceito moderno de hormônios vegetais exige que eles sejam substâncias orgânicas que ocorrem naturalmente, que influenciam processos fisiológicos em concentrações baixas, muito inferiores aos onde os nutrientes ou vitaminas afetam esses processos (Davies, 2004). Por fim, os biopolímeros como polissacarídeos sulfatados, podem apresentar uma variedade de atividades biológicas em ambos os sistemas de plantas e animais e estão envolvidos em uma série de mecanismos de defesa. De particular interesse na agricultura são aqueles que provocam respostas defensivas, resultando em proteção contra patógenos ou insetos (Ideo *et al.*, 2009).

Por isso, o uso do extrato de algas marinhas têm sido relatados para estimular o crescimento e produção de plantas, a tolerância ao ambiente

estresse, aumento absorção de nutrientes do solo, e melhorar as propriedades antioxidantes (Rama Rao, 1991, Verkleij, 1992, Zhang e Schmidt, 2000; Zhang *et al.*, 2003, Turan e Köse, 2004, Apud Craigie, 2010).

O efeito benéfico da aplicação de extrato de algas marinhas é como um resultado de vários componentes, que podem funcionar sinergicamente em concentrações diferentes, contudo o modo de ação metabólica ainda permanece desconhecido (Fornes *et.al.*, 2002).

Cientificamente, o uso de algas na agricultura acontece devido ao benefício de cada biomolécula presente nestes organismos aquáticos. Por fim, além dos benefícios agrícolas deve-se considerar que os extratos derivados de algas são biodegradáveis, não-tóxico, não-poluente e não perigosos para seres humanos, animais e aves (Dhargalkar e Pereira, 2005).

Apesar do imenso potencial das algas, somente a partir do ano de 2009, produtos baseados em compostos de algas para utilização na agricultura como proteção de plantas contra patógenos e como indutores de resistência passaram a ser comercializados no Brasil (Stadnki e Talamini, 2004).

9 - ASPECTOS ECONÔMICOS DA INDÚSTRIA DE ALGAS MARINHAS

Os países como Chile, Filipinas, Indonésia e a África do Sul são tidos como grandes produtores de algas. No Brasil, mesmo com a água apresentando-se pouco turva é possível produzir em grande escala uma grande quantidade de algas na costa nordestina que compreende o Sul da Bahia até o Estado do Ceará, onde se verifica uma grande disponibilidade de mão-de-obra barata e espaço para o cultivo no litoral (Carvalho Filho, 2004).

De acordo com McHugh (2003), a indústria provê uma ampla variedade de produtos que tem como uma das matérias-primas básicas, as algas marinhas e estima-se que um volume anual em torno de US\$ 5,5 - 6 bilhões, sendo que mais de 7,5 milhões de toneladas de algas marinhas são usadas anualmente. Segundo o mesmo autor, os produtos utilizados para consumo humano contribui com aproximadamente US\$ 5 bilhões deste. McHUGH (2003) citou que uma pequena parte das algas é utilizada como fertilizante e a outra adicionada à alimentação animal (Santos, C. ; Lourenço, J. A *et al*, 2006).

Dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) contabilizaram importações de algas e derivados da ordem de 2,5 mil toneladas ou US\$ 15 milhões,

em 2001 (FAO, 2004). Portanto, o mercado de derivados de algas aparenta ser um negócio bastante promissor (Santos, C. ; Lourenço, J. A *et al*, 2006).

Segundo Carvalho Filho (2004), a empresa AgarGel paga em torno de R\$ 0,60 por quilograma de algas arribadas, sem contar com os impostos que podem incidir no produto final. De acordo com o mesmo autor, Jun acha que o preço pode ser melhorado, já que esse preço é pago por uma mistura de algas que são secas de forma inadequada, o que não aconteceria caso fossem provenientes de um cultivo apenas de Gracilaria, onde os produtores teriam como processar de forma adequada para conseguir um produto de melhor qualidade e com preços mais atrativos. No entanto, o empresário acredita que os produtores brasileiros têm que considerar a possibilidade de fazer cultivos em grande escala, coisa tal que não é verificada atualmente no Brasil (Santos, C. ; Lourenço, J. A *et al*, 2006).

O cultivo pode ser realizado em áreas predefinidas no mar, dimensionadas com 12 cordas de 50 metros, com bóias, onde as algas ficam presas e fixas (Ceará, 2002). Segundo Farias (2004), o cultivo de algas é realizado em estruturas flutuantes do tipo “long-line”, onde doze estruturas constituem um módulo de produção capaz de produzir em três meses, 2.160 kg de alga úmida aproximadamente, que após secas são comercializadas a R\$ 1,80 o quilo, contribuindo com um rendimento mensal de R\$ 324,00 para o responsável pelo cultivo (Santos, C. ; Lourenço, J. A *et al*, 2006).

Segundo Carvalho Filho (2004), relatando as declarações do Engenheiro de Pesca do Instituto Terramar, hoje as algas estão sendo comercializadas para pequenas empresas de cosméticos a um preço médio de R\$ 1,50 o quilo, preço o qual ainda não é interessante para os produtores, que reivindicam a venda por pelo menos R\$ 3,00 o quilo. De acordo com o mesmo autor, a AgarGel paga hoje em média R\$ 2,50 por cada quilo da alga importada do Chile, já com os impostos já inclusos. A demanda e a disponibilidade deste recurso são fatores que influenciam nos preços e na viabilidade econômica destes produtos. Desta forma, as algas devem possuir um crescimento e produção satisfatórios. Além disso, o empreendimento deve ter mão de obra especializada, produtiva e organizada, equipamentos, secagem, transporte e disponibilidade de água. Porém, para a implantação comercial em grande escala de um cultivo de algas do tipo Gracilaria, mais pesquisas são necessárias para determinar a sua viabilidade, sugerindo como custos de cultivo, a coleta, secagem, transporte, processamento e a

comercialização. No Nordeste brasileiro, devido aos interesses econômicos e sociais do cultivo de algas, foram realizados vários experimentos com a *Gracilaria*, porém, os resultados não deram estímulos para o cultivo em grande escala, embora uma muda de alga plantada ou fixada na corda e na estrutura de cultivo possa atingir em 2 a 4 meses aproximadamente 400 a 600 g (Santos, C. ; Lourenço, J. A *et al*, 2006).

10 - ANÁLISE DE RESULTADOS

Segundo Brasil & Garcia (2016) a biotecnologia das algas permite o uso desta em diversas aplicações, sendo elas: fármacos, combustível e suplementos alimentares. Ainda seguindo essa linha de raciocínio, este autor ainda traz a seguinte afirmação: “A produção de microalgas constitui uma tendência mais recente e crescente com relação ao cultivo de algas, onde sua produção anual mundial de biomassa triplicou no período de 2004 a 2013” Complementando isso, aqueles que não tem um conhecimento aprofundado acerca do assunto podem concluir que as algas são utilizadas somente na área alimentícia, mas não, este trabalho tem a finalidade de ir além e mostrar um pouco mais sobre os usos desses seres do reino protista.

É sabido que as algas são usadas na culinária asiática, sendo isto comprovado pela fala de Bocanegra (*et al.*, 2009), Dhagalkar e Pereira, (2005) que nos apresenta a China, o Japão e a Coreia do Sul como os maiores cultivadores e consumidores desses organismos. Os autores Burtin, (2003); Macartain *et al.*, (2007); Ortiz *et al.*, (2009), acrescentam e apresentam as informações nutricionais das macroalgas com altos valores nutritivos, sendo elas: ricas em carotenóides, proteínas, fibras dietéticas, ácidos graxos essenciais, vitaminas C, D, E, K e do complexo B, minerais como o cálcio, fósforo, sódio, magnésio, ferro, cobre, manganês, potássio, iodo, dentre outros. Essas informações reunidas ainda são complementadas pela fala de Cardozo *et al.*, (2007); Mayer *et al.*, (2009); O’Sullivan *et al.*, (2010), que apontam os metabólitos produzidos com grande potencial econômico na produção de fármacos, sendo eles: lectinas, aminoácidos tipo-micosporinas, compostos halogenados, e principalmente polissacarídeos sulfatados, que fazem destes organismos foco das mais diversas pesquisas biomédicas.

Na área farmacológica Daniel *et al.*, (2004) apontaram que os extratos ricos em aminoácidos semelhantes à micosporina ajudaram na melhora da firmeza,

suavidade e diminuição das rugas e Cardozo *et al.*, (2007, 2008) complementou apresentando a alga vermelha *Porphyra umbilicalis* que apresentam alta concentração de substâncias responsáveis pelo efeito protetor contra a radiação solar. Ainda seguindo essa linha de raciocínio, Gianetti em 2013 apresentou a necessidade de um estudo mais aprofundado e criterioso em formulações fotoprotetoras, onde a associação de vitaminas A, C, E com extratos de Ginkgo biloba e algas marinhas vermelhas, na estabilidade química e física para garantir que as características sejam mantidas, para garantir que as características do produto sejam mantidas durante todo seu tempo de prateleira, assim como a eficácia de tais formulações. É possível perceber que o estudo ainda está em andamento, mas fica bem explícito que esse mercado ainda está longe de explorar todo o potencial das algas, principalmente na área cosmética, onde a mesma autora ainda conclui dizendo sobre a importância da comprovação da eficácia, avaliando de forma clínica seus efeitos benéficos, através de um método não invasivo para a pele, em conjunto, claro, com sua eficácia comprovada para o consumidor.

Um estudo apresentado por Câmara, R. (2010), trouxe a questão da heparina, sendo um extrato de origem animal (suína), que apresenta um potencial anticoagulante, mas junto disso vem os riscos, por exemplo: efeito hemorrágico residual em alguns pacientes, além de, apesar de não ter casos confirmados, há a possibilidade de ocorrer a contaminação viral, uma vez que é obtida através de tecidos animais. Devido a isso, uma busca por uma alternativa de anticoagulante, os polissacarídeos sulfatados, foi feita, encontrando nas macroalgas uma maior quantidade desses biopolímeros e a vantagem apresentada diante desses compostos é apresentam tanto atividade anticoagulante como antioxidante, deixando-os em foco no tratamento de várias doenças, como as cardiovasculares, destacando aí outro setor onde as macroalgas ganham maior foco devido ao seu potencial exploratório em diversas áreas, principalmente por ser do reino protista, quando em comparação aos extratos animais.

Outro ponto importante de analisar é o uso das algas como biocombustíveis, já que a preocupação com o aquecimento global e a emissão de gás carbônico na atmosfera, move países a procurar formas renováveis de energia, tanto como combustíveis automotivos, como também em energia elétrica. Sabendo disso o livro Evert; Eichhorn (2014) trouxe essa discussão, apresentando o milho como fonte de produção de etanol e assim competindo com o uso dessa base como alimento e em

contrapartida o uso das algas, sendo o cultivo delas mais vantajoso por não apresentar demanda de recursos agrícolas valiosos e sua produção em questão de biomassa podendo chegar a ser cinco vezes maior do que a da agricultura baseada em solo. Em relação às algas pardas e as algas verdes, grande parte da biomassa consiste em paredes celulares ricas em celulose. A celulose e outros carboidratos celulares podem ser fermentados a etanol, ainda segundo o livro citado.

Dapper *et al.*, (2014) apontaram que os extratos de macroalgas possuem em sua composição nutrientes e aminoácidos que vinte e um são essenciais para o desenvolvimento vegetal, isso faz com que muitos produtores utilizem esses extratos com o propósito de aumentar a produção e reduzir a dependência de insumos químicos. Segundo Ideo *et al.*, (2009) apontou também que: “...Os biopolímeros como polissacarídeos sulfatados, podem apresentar uma variedade de atividades biológicas em ambos os sistemas de plantas e animais e estão envolvidos em uma série de mecanismos de defesa. De particular interesse na agricultura são aqueles que provocam respostas defensivas, resultando em proteção contra patógenos ou insetos.” concordando e ainda adicionando funções a mais para o uso das algas nesse meio agrícola.

Para finalizar, Carvalho filho (2004), apresenta os dados no Brasil, que, mesmo com a água apresentando-se pouco turva é possível produzir em grande escala uma grande quantidade de algas na costa nordestina que compreende o Sul da Bahia até o Estado do Ceará, onde se verifica uma grande disponibilidade de mão-de-obra barata e espaço para o cultivo no litoral. Complementando essa informação é adicionado a fala de McHugh (2003) que diz que a indústria provê uma ampla variedade de produtos que tem como uma das matérias-primas básicas, as algas marinhas e estima-se que um volume anual em torno de US\$ 5,5 - 6 bilhões, sendo que mais de 7,5 milhões de toneladas de algas marinhas são usadas anualmente, sendo o consumo como alimento para o ser humano compreendendo cerca de 5 bilhões, mostrando assim, em seu estudo, que os demais usos são a minoria, comprovando a fala anteriormente dita, sobre a escassez na exploração da ampla gama de usos das algas marinhas.

11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolver deste trabalho foi constatado que havia uma escassez de informações consolidadas acerca da importância das algas marinhas em um

contexto geral, bem como de sua relevância crescente na indústria moderna, sendo o Brasil um ponto de destaque devido a sua biodiversidade marinha rica, incluindo a variedade de algas marinhas, se apresentando como uma rica área de estudo a ser abordada na ciência.

Apesar da grande escassez sobre o tema, o presente trabalho conseguiu reunir informações relevantes e valiosas sobre as algas marinhas em um contexto nacional, focando nas suas aplicações comerciais e industriais, incluindo seu potencial na produção de alimentos, cosméticos, farmacêuticos e agrícolas, bem como as perspectivas econômicas e sociais relacionadas à indústria das algas marinhas.

Portanto, a análise abrangente das algas marinhas brasileiras revelam um vasto e promissor campo de estudo. Suas potencialidades, tanto no âmbito ambiental quanto econômico, sugerem que esses organismos desempenham um papel crucial na biodiversidade costeira e oferecem oportunidades inexploradas. Contudo, é imperativo que futuras pesquisas se concentrem em uma gestão sustentável desses recursos, garantindo a preservação dos ecossistemas marinhos e a maximização de seus benefícios para a sociedade devido a importância das algas para os ecossistemas marinhos.

Elas não só são os produtores primários, de onde os consumidores primários irão tirar seu alimento para então dar início ao ciclo da cadeia alimentar, como também são as maiores responsáveis pelo oxigênio presente em nossa atmosfera e ainda servem abrigo para demais organismos marinhos, servindo de abrigo para pequenas larvas de peixe, crustáceos, incluindo lagostas e algumas espécies de caranguejos também. Além das formas juvenis, alguns outros animais utilizam as algas como abrigo, como algumas espécies de peixes pequenos, moluscos e outros tipos de invertebrados no geral.

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZIZ, E.; BATOOL, R.; KHAN, M.; RAUF, A.; AKHTAR, W.; HEYDARI, M.; REHMAN, S.; SHAHZAD, T.; MALIK, A.; MOSAVAT, S.; PLYGUN, S.; SHARIATI, M. An overview on red algae bioactive compounds and their pharmaceutical applications. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, v. 17, n. 4, 2020.
2. BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Introdução As algas do Brasil. In: FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro:

- Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 49-60.
3. BRASIL, B.; GARCIA, L. C. Microalgas: Alternativas Promissoras Para A Indústria. Agroenergia em revista, 2016
 4. CÂMARA, R. Atividade anticoagulante e antioxidante de extratos brutos ricos em polissacarídeos sulfatados das macroalgas marinhas marrons *Canistrocarpus cervicornis*, *Dictyota mertensii* e *Dictyopteris delicatula* e de heterofucanas de *Canistrocarpus cervicornis*. UFRN/ Biblioteca Setorial do Centro de Biociências – Natal, RN, 2010.
 5. COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. Research methods in education (eight edition). Abingdon, Oxon, 2018
 6. DA COSTA, M. A.; CAMARGO NOGUEIRA, C. E.; ALVES, H. J.; MAGNABOSCO MARRA, B.; CIDEMAR ALAB, J. H. O USO DE MACROALGAS MARINHAS NA AGRICULTURA. Acta Iguazu, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 69–76, 2000.
 7. DAPPER, T. B.; PUJARRA, S.; OLIVEIRA, A. J.; OLIVEIRA, F. G.; PAULERT, R. Potencialidades das Macroalgas Marinhas na Agricultura: Revisão. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, v. 7, n. 2, p. 295-313, 2014.
 8. DELANEY, A.; FRANGOUEDES, K.; LI, S. A. Society and Seaweed: Understanding the Past and Present. In: LEVINE, I.; FLEURENCE, (ed.). Seaweed in Health and Disease Prevention. Amsterdam, e Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 2, p. 7-40, 2016
 9. DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa.
 10. In _____. (Org.) DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 15-42.
 - 11.
 - 12.
 13. DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.
 14. SANTOS, C. ; LOURENCO, J. A. ; WIEGAND, M. C. ; PENAFORT, J. M. ; IGARASHI, M. A. . Aspectos do cultivo de algas marinhas com vistas a sustentabilidade da atividade. In: Semana do Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, 4, 2006, Fortaleza. Semana do Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, 4. Fortaleza: Pro-reitoria de Extensão da UFC. p 6-7.
 15. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. biologia vegetal. P. 633 – 634. Rio de Janeiro: GEN, 2014.
 16. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. biologia vegetal. P.637. Rio de Janeiro: GEN, 2014.
 17. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. biologia vegetal. P.676. Rio de Janeiro: GEN, 2014.
 18. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. biologia vegetal. P.679. Rio de Janeiro: GEN, 2014.

19. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. *biologia vegetal*. P.660 - 661. Rio de Janeiro: GEN, 2014.
20. EVERT, R. F.; EICHHORN, E. S. *biologia vegetal*. P.634. Rio de Janeiro: GEN, 2014.
21. FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas "estado da arte". *Educação & sociedade*, v. 23, p. 257-272, 2002.
22. GALVÃO T, PEREIRA MG. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiol Serv Saude*. 2014 mar;23(1):183-4.
- 23.
24. GIANETI, MIRELA DONATO. Estabilidade e eficácia clínica de formulações Dermocosméticas contendo filtros solares, vitaminas lipossolúveis e extratos de Ginkgo biloba e algas marinhas vermelhas. Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Medicamentos e Cosméticos. Ribeirão Preto, 2013.
25. GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
26. HURTADO, A. Q.. Genetic resources for farmed seaweeds. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2022. 88 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb7903en/cb7903en.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.
27. LEITE, B. S. Revisão sistemática sobre as produções científicas da Revista Tecnologias na Educação. *Revista tecnologias na Educação*, v. 25, p. 1–16, jul. 2018.
28. MATTAR, J.; RAMOS, D. K. *Metodologia da Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas*. Grupo Almedina, 2021.
29. NOSEDA, M.D, GONÇALVES, A.G, FERREIRA, L.G, DUCATTI, D.R.B., VIANA, A.G., CASSOLATO, J.E.F., FARIA-TISCHER, P.C.S. ZIBETTI, R.G.M. & DUARTE, M.E.R. 2018. Polissacarídeos e macroalgas marinhas: estrutura química e atividade biológica. In: DePaula, R. C. M., DePaula, H.C.B., Feitosa, J.P.A., eds *Polissacarídeos da biodiversidade brasileira*, Fortaleza: Imprensa Universitária 52-104.
30. PEREIRA, L. (2015). *Edible Seaweeds of the World*. 1st edition. CRC Press, Boca Raton FL, 442 pp.
31. SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. bras. fisioter.*, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, fev. 2007.
32. SEVERINO, Antonio Joaquim. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo: Cortez, 2007.
33. SHEATH, R.; VIS, M. Red Algae. *Freshwater Algae of North America*, p. 237-264, 2015.
34. SOARES, Magda Beata. *Alfabetização no Brasil: o Estado do Conhecimento*. Brasília: INEP/Santiago: Reduc, 1999.
35. TEIXEIRA, V. L. Produtos naturais de algas marinhas bentônicas. *Revista Virtual de Química*, v. 5, n. 3, p. 343-362, 2013.