



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau e Licenciatura em Biologia Marinha

Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em Macroalgas Marinhas, mais abundantes na Ilha de Inhaca, Província de Maputo, Moçambique

Autor:

Marcelino Juvenal Rovissene

Quelimane, Março de 2019



Monografia para Obtenção do Grau e Licenciatura em Biologia Marinha

Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em Macroalgas Marinhas, mais abundantes na Ilha de Inhaca, Província de Maputo, Moçambique

Autor:

Marcelino Juvenal Rovissene

Supervisora:

Doutora Valera Dias

Quelimane, Março de 2019

Agradecimentos

Agradeço diariamente a Deus por me encobrir de bênçãos me dando uma família e amigos maravilhosos, que a estes me motiva a seguir em frente, pois sem Ele nada seria possível.

A toda minha família pelo apoio, força, incentivo, que me deu ao longo do percurso dos estudos e da elaboração deste trabalho. Aos meus avôs e tios pelo amor, paciência e apoio incondicional nos momentos difíceis, de desânimo e cansaço. Aos meus irmãos e primos que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram-me entender que não há sucessos sem sacrifícios e que o futuro é preparado a partir de muita determinação e dedicação no presente.

A Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras Pela formação, por me ter proporcionado a obtenção dos conhecimentos na área das Ciências Marinhas e a aquisição das competências necessárias para a realização e concretização deste trabalho.

À minha supervisora PhD. Valera Dias pelo apoio incondicional, pela sua constante orientação e preocupação em transmitir conhecimentos, pela sua simpatia, boa disposição e empenho com que me ajudou na elaboração e conclusão deste trabalho de culminação do curso.

A equipe em geral da Estação de Biologia Marítma da Ilha de Inhaca e especialmente, ao dr. Gabriel Albano chefe da estação e o Sérgio Mapanga técnico do campo pela permissão e ajuda na recolha e identificação das algas.

Ao Departamento de Ciências Biológicas e ao Departamento de Química da UEM campus pela cedência dos laboratórios, equipamentos usados e assistência técnica para a realização de todo o trabalho prático.

A todos docentes e Estudantes da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras que contribuíram na minha formação e na realização deste trabalho.

A todos meus colegas, em especial Ali, Simango, Abdul, Sérgio, José, Mugadui, Clásia, Augusta, Guilcia, Calmira, Nádia, Olga, Benelves, Etelvino, Nico, Amós, Virgilio, Fernando, Resito, Rodrigues. Aos meus Amigos, em especial Milote, Maria Bianca, Nélio, Ivete, Irene, Satar, Jamal, Vânia, Semp Paulo, Fernando, Isac, Luis.

À todos não mencionados que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Declaração de honra

i

Eu, Marcelino Juvenal Rovissene, Declaro por minha honra, que este trabalho de licenciatura intitulado: **Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em Macroalgas Marinhas, mais abundantes na Ilha de Inhaca, Província de Maputo, Moçambique**, nunca foi apresentado para obtenção de qualquer nível académico, ele é fruto da minha investigação, estão indicadas no texto e na página das Referências Bibliográficas todas as fontes por mim consultadas para a sua elaboração.

Quelimane, Março de 2019

(Marcelino Juvenal Rovissene)

Dedicatória

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Aos meus pais Juvenal Rovissene e Cristina Chiponde (in memoriam), que infelizmente não está presente neste momento tão importante da minha vida, que já se foram, mas continua sendo minha maior força e inspiração na vida.

Resumo

O presente trabalho teve como objectivo principal analisar a composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em Macroalgas Marinhas recolhidas na Ilha de Inhaca, Província de Maputo. A escolha foi feita, utilizando-se os seguintes critérios: abundância da alga, facilidade de obtenção, e não ter sido uma espécie que teve seus polissacarídeos, lípidos totais e Minerais estudados para a determinação dos seus teores, foram identificadas recorrendo a chave de identificação taxonômica, e comparadas as macroalgas que estão no herbário da Estação de Biologia Marinha de Inhaca. Para a quantificação de polissacarídeos usou-se o método de Dubois *et al.* (1956), na determinação de lípidos totais foi feita a extração a quente com solvente pelo método de Soxhlet e para a determinação de minerais usou-se o método de varrimento de fluorescência de raios-X (*Energy Dispersive X-ray Fluorescence, EDXRF, Shimadzu 7000, Japan*). Os resultados obtidos indicaram que na determinação de polissacarídeos o grupo das Rhodophytas é o grupo que apresentou maior teor de polissacarídeos, na determinação de lípidos totais e minerais o grupo das Chlorophytas é que apresentou maior rendimento. O teor em polissacarídeos das Chlorophytas foi mais elevado na macroalga *Ulva rigida* com (32±0.13%), no grupo das Phaeophytas foi possível verificar que a macroalga *Sargassum muticum* com um valor de (39±0.09%) teve maior teor, nas Rhodophytas a macroalga *Amphiroa anceps* com (39±0.06%) teve o teor mais elevados. Nos lípidos totais, o valor mais elevado obtido nas Chlorophytas foi de (9.16±0.09%) para a *Codium compendium*, para a determinação do teor nas Phaeophytas o *Sargassum muticum* teve maior rendimento com (6.07±0.5%), nas Rhodophytas *Liagora ceranoides* com uma percentagem de (5.59±0.5%) foi a macroalga com maior rendimento. Nos minerais o elevado teor de cálcio foi de *liagora divaricata* com cerca de 91.8%, o cloro foi de 69.2% na macroalga *Codium prostatum*, na determinação do silício foi possível atingir o teor de 35.7% na macroalga *Chamaedoris delphini*, no potássio 19.1% na *Laurencia natalum*, no enxofre a maior concentração foi observada na *Pseudocodium divriesci* com 12.7% e a macroalga que atingiu elevado teor de ferro foi *Chamaedoris delphini* com 4.7%. Com os resultados obtidos conclui-se que as macroalgas da Ilha de Inhaca tem o valor nutricional significativo que podem ser usadas na alimentação natural, nas indústrias alimentares, farmacêuticas ou cosméticas para desenvolver compostos com atividade biológicas.

Palavras-chaves: Extração, Polissacarídeos, Lípidos totais, Minerais, Ilha de Inhaca, Composição nutricional.

Abstract

The present work had as main objective to analyze the nutritional composition (Polysaccharides, Total Lipids and Minerals) in Marine Macroalgae collected in Inhaca Island. Province of Maputo. The choice was made using the following criteria: seaweed abundance, easy to obtain, and not a species that had its polysaccharides, total lipids and Minerals studied for the determination of their levels, were identified using the taxonomic identification key, and compared the macroalgae that are in the herbarium of the Inhaca Marine Biology Station. For the quantification of polysaccharides the method of Dubois *et al.* (1956), in the determination of total lipids was made the hot solvent extraction by the Soxhlet method and for the determination of minerals was used if the method of (Energy Dispersive X-ray Fluorescence, EDXRF, Shimadzu 7000, Japan). The results obtained indicated that in the determination of polysaccharides the group of Rhodophytas is the group that presented higher content of polysaccharides, in the determination of total lipids and minerals the group of Chorophytas is that presented higher yield. The polysaccharide content of Chlorophytes was higher in the macroalgae *Ulva rigida* with ($32 \pm 0.13\%$), in the group of Phaeophytes it was possible to verify that the macroalga *Sarganssum muticum* with a value of ($39 \pm 0.09\%$) had a higher content in the Rhodophyta a macroalgae *Amphiroa anceps* with ($39 \pm 0.06\%$) had the highest content. In the total lipids, the highest value obtained in Chlorophytas was ($9.16 \pm 0.09\%$) for *Conidium compendium*, in order to determine the content of Phaeophytes *Sarganssum muticum* had a higher yield ($6.07 \pm 0.5\%$) in Rhodophyta *Liagora ceranoides* with a percentage of ($5.59 \pm 0.5\%$) was the macroalga with higher yield. In the minerals, the high calcium content was of the logarithm divaricarta with about 91.8%, the chlorine was of 69.2% in the macroalga *Codium prostratum*, in the determination of the silicon it was possible to reach the 35.7% content in the macroalgae *Chamaedoris delphinii*, in the potassium 19.1% in the *Laurencia natalum*, in the sulfur the highest concentration was observed in *Pseudocodium divriesci* with 12.7% and the macroalgae that had high iron content was *Chamaedoris delphini* with 4.7%. With the results obtained it is concluded that the macroalgae of Inhaca Island have the significant nutritional value that can be used in natural food, food industries, pharmaceutical or cosmetic industries to develop compounds with biological activity.

Key words: Extraction, Polysaccharides, Total lipids, Minerals, Island of Inhaca, Nutritional composition.

Termos Técnicos e Abreviaturas

Abreviatura	Significado
Cm	Centímetro
g	Gramas
Km	Kilómetro
g	Gramas
EBMII	Estação de Biologia Marítma da Ilha de Inhaca
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
°C	Grau celsius
nm	Nanômetro
mg	Miligramas
mL	Mililitros
M	Molar
UV	Ultra violeta
h	Hora
min	Minitos
EDXRF-	Varrimento de fluorescência de raios-X
µg	Micrograma

Figura 1: Consumo de algas marinhas a nível mundial.....	8
Figura 2: Spirulina sp. em pó e em cápsulas.....	9
Figura 3: Localização geográfica da Ilha de Inhaca (Google Earth).....	14
Figura 4: Valores de teores de polissacarídeos obtidos nas Chlorophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.....	19
Figura 5: Valores de teores de polissacarídeos obtidos nas Phaeophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.....	21
Figura 6: Valores de teores de polissacarídeos obtidos nas Rhodophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.....	21
Figura 7: Curva de calibração da glucose.....	19
Figura 8: Valores de teores de lípidos totais obtidos nas Chlorophyta. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.....	23
Figura 9: Valores de teores de lípidos totais obtidos nas Phaeophyta. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.	23
Figura 10: Valores de teores de lípidos totais obtidos nas Rhodophyta. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados.	24
Figura 11: Valores de teores de 6 minerais com abundâncias atômicas relativas nas Chlodophyta..	25
Figura 12: Valores de teores de 6 minerais com abundâncias atômicas relativas nas Phaeophytas..	26
Figura 13: Valores de teores de 6 minerais com abundâncias atômicas relativas nas Rhodophytas..	26

Lista de Tabelas

Pag.

Tabela 1: Alguns produtos obtidos a partir de algas e respectivas aplicações nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética (adaptado de Derner et al., 2006)	11
Tabela 2: Os teores de Polissacarídeos em (%) das macroalgas.....	33
Tabela 3: Os teores de Lípidos Totais em (%) das macroalgas.....	34
Tabela 4: Os teores de Minerais em (%) das Chlorophyta.....	35
Tabela 5: Os teores de Minerais (%) das Phaeophyta.....	36
Tabela 6: Os teores de minerais em (%) das Rhodophytas.....	37
Tabela 7: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Chlorophytas.	38
Tabela 8: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Phaeophytas.	38
Tabela 9: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Rhodophytas.....	38
Tabela 10: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Chlorophytas.....	39
Tabela 11: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Phaeophytas.....	39
Tabela 12: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Rhodophytas.....	39

Índice

1. Introdução-----	1
2. Problematização e Justificativa-----	3
2.1. Problematização-----	3
2.2. Justificativa-----	3
3. Objectivos-----	4
3.1. Geral-----	4
3.2. Específicos-----	4
4. Revisão da Literatura-----	5
4.1. Caracterização da Ilha de Inhaca-----	5
4.2. Macroalgas Marinhas-----	6
4.3. Classificação das Macroalgas-----	7
4.4. Macroalgas como alimentos-----	8
4.5. Aplicação das algas na indústria alimentar-----	9
4.6. Aplicação das algas na indústria farmacêutica e cosmética-----	10
4.7. Composição nutricional das Macroalgas-----	13
5. Metodologia-----	13
5.1. Área de estudo-----	13
5.2. Recolha da matéria prima (macroalgas)-----	14
5.3. Amostragem, preparação e preservação das macroalgas marinhas-----	15
5.4. Análises estatísticas-----	16
5.5. Extração de Polissacarídeos sulfatados-----	16
5.5.1. Procedimentos:-----	16
5.6. Extração dos lípidos totais pelo método gravimétrico de Soxhlet-----	17

5.6.1. Preparo da vidraria e dos equipamentos-----	17
5.6.2. Montagem do sistema – equipamento Soxhlet-----	17
5.6.3. Procedimentos:-----	18
5.7. Extração de Minerais-----	18
6. Resultados e Discussão-----	19
6.1. Determinação do teor dos polissacarídeos-----	20
6.1.1. Obtenção da curva de calibração para os polissacarídeos-----	19
6.2. Determinação do teor dos Lípidos Totais-----	22
6.3. Determinação do teor dos minerais-----	25
7. Conclusão-----	28
8. Referências Bibliográficas-----	29
9. Anexos-----	33

1. Introdução

As algas marinhas são organismos semelhantes às plantas e podem habitar em diferentes ambientes, desde que disponham de luz e umidade suficientes (Cristina e Rollemberg, 2004). As algas (não são diferenciados em raízes, caules e folhas) ou seja são consideradas organismos talófitos, fotossintetizantes (exceto algumas espécies parasitas) que possuem em comum o pigmento clorofila a e, com raras exceções, não apresentam no organismo um envoltório de células estéreis nas células reprodutivas (Lee, 2008).

Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento dos estudos relativos a aplicações de macroalgas e de microalgas que é o resultado da identificação de diversas substâncias sintetizadas por estes organismos. A imensa extensão da biodiversidade e conseqüente variabilidade na composição bioquímica da biomassa obtidas de algas, aliadas ao melhoramento genético das mesmas e ao desenvolvimento de tecnologia de cultivo em grande escala, tornou-as um alvo de interesse, devido aos biocompostos que podem ser extraídos para a indústria alimentar e farmacêutica (Fonseca, 2016).

Segundo Vidotti e Rollemberg (2004) anualmente cerca de 4 milhões de toneladas de algas são colhidas, mundialmente, as algas permitem obter produtos de baixo custo e em quantidades inesgotáveis e delas têm sido obtidos produtos imprescindíveis para a vida do homem moderno, com valores que ultrapassam alguns bilhões de dólares anuais. Sendo os principais produtores os chineses e japoneses, seguidos pelos norte-americanos e noruegueses.

Em moçambique o potencial de algas é estimada em cerca de 3 000 toneladas por ano, algas marrons e verdes são mais comuns no sul de Moçambique (Sætre e Silva, 1979). As algas vermelhas são mais comuns principalmente na parte norte do país Bandeira (1995) Citado por Hogue e Pereira (2003).

Muitas espécies de algas têm grande importância econômica para o ser humano, uma vez que são usadas como alimento, fazendo parte da dieta de alguns povos, ou como matéria-prima pela indústria, nomeadamente, alimentar, farmacêutica, cosmética, de tintas, entre outras (Priyadarshani e Rath, 2012).

O acréscimo da procura, por parte dos consumidores de uma alimentação “benéfica” para a saúde e para o cuidado do corpo levou a um aumento do consumo de alimentos e ingredientes funcionais, em virtude das atividades biológicas que apresentam. Para além disto, o aumento dos custos dos

cuidados de saúde e da esperança média de vida, assim como a preocupação da população com uma melhor qualidade de vida, impulsionaram os estudos sobre compostos bioativos (Plaza *et al.*, 2009; Mauricio *et al.*, 2010; Oliveira, 2015).

As utilizações destes compostos vão desde a microbiologia como meio sólido de cultura, à indústria alimentar, onde o encontramos como emulsificante e conservante, como pectina em gelatinas, compotas e marmeladas, agente clarificador na produção de cervejas, vinhos e café; à indústria têxtil como cola e impermeabilizante para tecidos ou mesmo como lubrificante na fabricação de lâmpadas ou na indústria fotográfica na produção de películas (Mauricio *et al.*, 2010).

Algumas espécies de macroalgas encontram uso na avaliação da qualidade dos sistemas aquáticos, para os quais, inclusive, já foi sugerido um “índice de poluição” baseado nos gêneros de algas presentes: quanto menos diversificada a população, maior a poluição do sistema. Um outro aspecto está relacionado à capacidade em retirar do meio aquoso elementos químicos, o que sugere a utilização de algumas espécies de algas na recuperação de sistemas aquáticos, em especial quanto à presença de íons metálicos e de alguns compostos orgânicos. Finalmente, mais recentemente tem sido avaliado o uso das algas como “reagentes químicos”, em processos de pré-concentração na química analítica (Vidotti e Rollemberg, 2004).

As propriedades naturais das algas permitem a extração de composto com atividade antibacteriana, antitumoral, antifúngica, antivírica, e outros, compostos estes difíceis de sintetizar, permitindo assim maior eficiência no desenvolvimento de fármacos na indústria farmacêutica. As algas são uma potencial fonte de obtenção de variados compostos nutricionais biologicamente ativos, tais como carotenoides, ácidos gordos, vitaminas, polissacáridos, minerais, proteínas entre outros (Fonseca, 2016).

Neste contexto o presente trabalho visa Analisar a composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em macroalgas marinhas recolhidas na Ilha de Inhaca. Tendo em vista que as macroalgas podem ser usadas como um alimento natural que fornece um elevado valor nutritivo ao organismo, para além da sua atividade biológica, de extrema importância para a indústria alimentar e farmacêutica.

2. Problematização e Justificativa

2.1. Problematização

A biotecnologia marinha tem sido um dos setores com maior crescimento, destacando-se a exploração de organismos marinhos como fonte de compostos biologicamente ativos. Sendo que, atualmente se observa um elevado interesse nesse tipo de compostos, devido às suas inúmeras propriedades, estes apresentam diversas aplicações a nível industrial, nomeadamente na cosmética e nas indústrias farmacêuticas e alimentícias.(G P, 2013).

Dentro dos recursos marinhos, as macroalgas, embora sejam utilizadas na alimentação direta e na medicina tradicional há vários séculos (Pereira e Correia, 2018), são pouco exploradas em Moçambique, a fim de identificar os compostos bioactivos existentes. Lauritano *et. al.*,(2016) apesar de diversos estudos já terem demonstrado que as algas são uma potencial fonte para a obtenção de variados compostos nutricionais biologicamente ativos.

As algas são alimentos riquíssimos em micronutrientes (vitaminas, minerais e oligoelementos) mas também possuem proteínas com aminoácidos essenciais, hidratos de carbono e pouca gordura, mas boa. Diante de tantas vantagens, seria ideal as populações introduzirem este alimento na dieta. Mas não é o que acontece. Não tem o hábito de consumir algas, contudo ingere os subprodutos das algas – mesmo assim indirectamente (Pereira e Correia, 2018).

2.2. Justificativa

Deste modo, para dar resposta a estas necessidades, pode se identificar as algas com maior concentração de compostos nutritivos, que podem ser usadas na alimentação natural ou nas indústrias alimentar e farmacêutica para desenvolver compostos com atividade biológica e alimentos de baixo custo, que promovam a saúde. Com este objetivo, têm-se focado na descoberta de novas substâncias naturais, que sejam eficientes e que tenham poucos efeitos adversos (Pereira, 2007).

A grande diversidade de espécies de algas presentes em moçambique, associada à elevada variabilidade que apresentam na sua composição, deve ser explorada fazendo com que muitos estudos tenham de ser feitos para a valorização deste recurso. Muitos estudos relatam o potencial conteúdo nutricional ou bioativo de diferentes algas, mas muitos estudos menos quantificam a biodisponibilidade de nutrientes e fitoquímicos de alimentos de algas (Wells *et al.*, 2016).

Apesar de haver muitos estudos sobre a diversidade, abundância e distribuição ao longo da costa (Critchley *et al.*, 1997; UGC IIP, 1999;Bandeira e Muiocha, 2009), pouco sabe se em relação aos compostos bioactivos das macroalgas existentes. Dai surgiu a necessidade de fazer um estudo com o objectivo de identificar compostos bioactivos em certas algas que podem ser encontradas em moçambique, especificamente na Ilha de Inhaca.

3. Objectivos

3.1. Geral

- Analisar a composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais) em Macroalgas Marinhas recolhidas na Ilha de Inhaca.

3.2. Específicos

- Determinar o teor dos compostos Bioactivos: Polissacarídeos e Lípidos totais em certas macroalgas recolhidas na Ilha de Inhaca;
- Determinar as concentrações dos Minerais presentes em certas macroalgas recolhidas na Ilha de Inhaca;
- Identificar o grupo e as macroalgas com potencial para extração dos compostos bioactivos: Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais das macroalgas.

4. Revisão da Literatura

4.1. Caracterização da Ilha de Inhaca

O arquipélago de Inhaca localiza-se a 32 km a leste da cidade de Maputo, a capital Moçambicana. Ilhas de Inhaca (42,5 km²) constituem o pequeno arquipélago. Mudanças de linha de costa e erosão de folha são sérios problemas que afetam o arquipélago hoje. Linhas costeiras estão em constante movimento e mudando. Durante a temporada de chuvas (Outubro-Março), ventos fortes, ondas violentas e tempestades (Muacanhia, 2003).

O arquipélago de Inhaca é uma barreira natural que separa a baía de Maputo do Oceano Índico. Inhaca e ilha dos portugueses são resultados de transgressões marinhas. A ilha portuguesa é plana com base de arenito calcário (Critchley *et al.*, 1997).

A vegetação de macroalgas ocorre apenas em costões rochosos, como aqueles extremo nordeste da ilha. Os largos cinturões de algas presentes são tornados mais visíveis pelas margens levemente inclinadas e as grandes amplitudes das marés, expondo extensos trechos de praia em maré baixa (Werger, 1978).

Algumas das costas arenosas da ilha também fornecem substratos variados para colonização por macroalgas adaptadas à areia (por exemplo, *Calilerpa* spp. E *Udolea* spp. Tem razões para acreditar que há mais crescimento luxuriante de algas marinhas durante os meses de verão, mas esta afirmação permanece não corroborada (Werger, 1978).

Inhaca compreende uma base de arenito calcário recoberto por cumes de dunas muito altas. O cume das dunas orientais atinge 115m acima do nível do mar no Monte Inhaca. A Oeste duna tem a altitude máxima de 80m em Barreira Vermelha. Os cumes das dunas têm uma tendência norte-sul. As dunas se estabilizaram com vegetação florestal durante o Pleistoceno. Existem planícies de maré fora do abrigo linhas costeiras (Muacanhia, 2003).

A erosão eólica está afetando seriamente a cordilheira oriental, enquanto a oeste (Barreira Vermelha) está sendo degradada pela erosão hídrica causando deslizamentos de terra durante a estação das chuvas (Outubro a março) afetando as biodiversidade (Muacanhia, 2003).

4.2. Macroalgas Marinhas

Ficologia ou algologia é o estudo das algas. A palavra phycology é derivada da palavra gregaphykos, que significa "algas marinhas". As algas são talófitas (plantas sem raízes, caules e folhas) que têm “clorofila a” como sua principal fonte de pigmento sintético e falta uma cobertura estéril de células ao redor das células reprodutoras. Esta definição engloba um número de formas de plantas que não são necessariamente intimamente relacionado, por exemplo, as cianobactérias que estão mais próximos da evolução das bactérias do que para o resto das algas (Lee, 2008).

O termo “alga” é utilizado para diferentes organismos que, em função da sua dimensão, são classificados em micro- ou macroalgas. As macroalgas são seres multicelulares com órgãos diferenciados, sendo encontradas habitualmente nas costas rochosas, quer em água doce, quer em água salgada. Estes organismos apresentam grande diversidade de tamanho, cor e forma, podendo encontrar-se como crostas na superfície das rochas, apresentando alguns milímetros de comprimento, ou em zonas eufóticas, isto é, zonas com maior profundidade (normalmente até 200 m), onde o limite inferior de penetração da luz é eficaz para a realização da fotossíntese (Oliveira, 2015).

As macroalgas são ainda bentónicas, uma vez que se encontram fixas a sedimentos (normalmente rochosos) e podem apresentar tamanhos gigantes (superiores a 50 metros), formando florestas aquáticas em algumas zonas (Oliveira, 2015).

Existem aproximadamente 30.000 espécies de algas no mundo, que têm um papel fundamental na oxigenação de ambientes aquáticos e são componentes na cadeia alimentar marinha. O termo algas pode incluir desde seres com células procarióticas (cianobactérias fotossintetizantes) até eucariotos autotróficos obrigatórios, passando pelos mixotróficos até os seres heterotróficos (Guerra et al., 2011).

Foi compilada uma lista de macroalgas predominantes na Ilha de Inhaca com base em registos publicados e coleções não publicadas num total de 205 registos. Este total foi composto por 24 gêneros de Chlorophyta (64 registos em total), 13 gêneros de Phaeophyta (23 registos no total) e 73 gêneros de Rhodophyta (118 registos em total). As ordens mais comuns são Cladophorales (incluindo Siphonocladales, 10 registos) Bryopsidales (42 registos), Dictyotales (10 registos), Corallinales (13 registos), Gigartinales (11 registos) e os Ceramiales (60 registos) (Critchley *et. al.*, 1997).

As macroalgas apresentam colorações extremamente variadas, que se devem à combinação de diferentes pigmentos fotossintéticos presentes nas suas células e que estão na base da sua classificação dos grupos de algas. Estes organismos marinhos pertencem ao domínio Eukaryota e a dois reinos distintos, ao reino Plantae onde estão inseridas as algas verdes e vermelhas e ao reino Chromista onde se encontram as algas castanhas (Hoguane & Pereira, 2003).

As algas verdes estão incluídas no Filo Chlorophyta e apresentam pigmentação idêntica à das plantas terrestres, apresentando pigmentos fotossintéticos como a clorofila *a* e *b* e carotenóides como o β -caroteno, luteína, violaxantina, neoxantina e zeaxantina. As algas vermelhas pertencem ao Filo Rhodophyta e possuem clorofila *a* e carotenóides como o α -caroteno, β -caroteno, luteína, zeaxantina e ficobilinas (Cavalier-Smith, 1998).

As algas castanhas estão incluídas no filo Ochrophyta, na classe Phaeophyceae e os seus pigmentos incluem as clorofilas *a* e *c* e carotenóides como o β -caroteno, violanxantina e fucoxantina, sendo este último o maioritário e responsável pela coloração acastanhada. Esta classificação está de acordo com proposta por (Cavalier-Smith, 1998).

4.3. Classificação das Macroalgas

Na classificação destes organismos depara-se com muitas complicações. Tradicionalmente, para diferenciação das algas baseavam-se na coloração dos talos verdes, vermelhos ou marrons, como resultado da combinação dos pigmentos fotossintetizantes contidos em seus plastos (clorofilas e pigmentos acessórios, como carotenóides, ficobilinas e xantofilas que mascaram a cor verde das clorofilas), e nas características morfológicas e anatômicas (Silva, 2010).

As algas são classificadas em quatro reinos: Bactéria, Protozoa, Plantae e Chromista e 11 divisões: Cyanophyta (cianobactérias) e Prochlorophyta nas procariotas; Rhodophytas (algas vermelhas), Chlorophyta (algas verdes), Euglenophyta, Dynophyta, Cryptophyta, Heterokontophyta (algas castanhas), haptophyta e Chloroarchaeophyta nas eucariotas. As macroalgas que crescem naturalmente são denominadas de macroalgas selvagens, em contraste com as algas marinhas que são cultivadas (Palanisamy e Yadav, 2015).

4.4. Macroalgas como alimentos

A macroalga como um item básico da dieta tem sido usada no Japão, na Coreia e na China desde os tempos pré-históricos. Em 600 aC, Sze Teu escreveu na China: "Algumas algas são uma iguaria adequada para os hóspedes mais honrados, até para o próprio rei". Cerca de 21 espécies são usadas na culinária cotidiana no Japão, seis delas desde o século VIII. A alga (Kaiso) representou mais de 10% da dieta japonesa até relativamente pouco tempo, e o consumo de algas marinhas atingiu uma média de 3,5 kg por agregado familiar em 1973, um aumento de 20% em 10 anos. Embora haja pouca tradição de usar algas na culinária ocidental, agora há um interesse renovado nos países ocidentais no uso de algas como legumes marinhos (Pereira, 2014).

Nos últimos 50 anos houve um aumento do consumo de algas a nível mundial, que conduziu ao desenvolvimento de indústrias de cultivo, uma vez que os *stocks* naturais não conseguiam satisfazer a procura. Este aumento do consumo de algas deveu-se maioritariamente à emigração de asiáticos para outras partes do mundo, como os EUA e a América do Sul, introduzindo as algas na alimentação dos países de destino (Pereira, 2014).

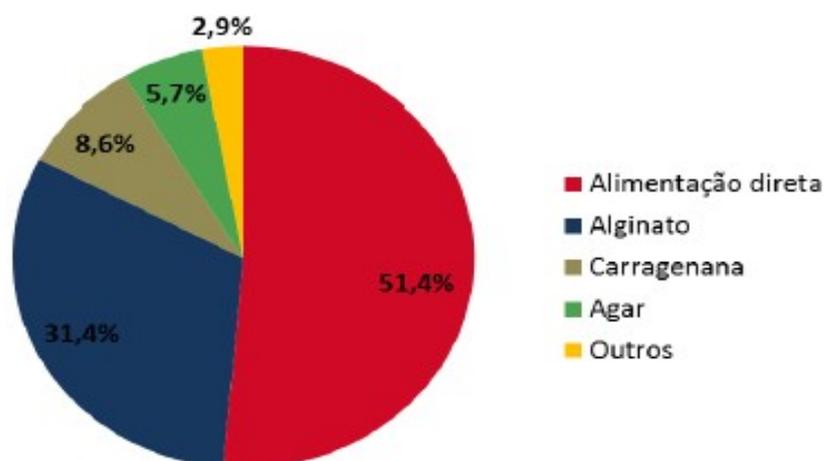


Figura 1: Consumo e utilização de derivados de algas marinhas a nível mundial. Fonte: (Oliveira, 2015).

No ano 2000 a produção de algas selvagens, juntamente com as de cultivo, atingiu cerca de 10 milhões de toneladas, sendo os principais países produtores a China, Japão, França, Reino Unido, Chile, Filipinas, Coreia do sul, Indonésia, Noruega, EUA, Canadá e Irlanda (Thomsen e McGlathery, 2007).

4.5. Aplicação das algas na indústria alimentar

A inclusão das algas na alimentação humana remonta a tempos longínquos, onde eram utilizadas como fonte de proteínas nas antigas tribos africanas do Chade e por índios Aztecas. Contudo, só no século XX foi iniciada a comercialização de algas como fonte nutricional. Pouco tempo depois, o reconhecimento do elevado teor proteico ($> 60\%$) da espécie *Spirulina* sp. (Figura-2) (Dermer *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, verificou-se um aumento dos estudos relativos a aplicações de macroalgas e de microalgas como resultado da identificação de diversas substâncias sintetizadas por estes organismos. A imensa biodiversidade e consequente variabilidade na composição bioquímica da biomassa obtidas nas culturas de algas, aliadas ao melhoramento genético das mesmas e ao desenvolvimento de tecnologia de cultivo em grande escala, tornou-as um alvo de interesse para as indústrias (Fonseca, 2016).

Este tipo de produtos registou uma elevada expansão, de tal modo que países como Israel, Brasil, França, México e Tailândia se tornaram grandes produtores de biomassa de algas, sendo o Japão o país onde o consumo deste tipo de alimentos é maior (Noreen, *et al.*, 2015).



Figura 2: Macroalga *Spirulina* sp. em pó e em cápsulas utilizada como fonte do teor proteico. Fonte: <http://www.reidaverdade.net/preco-e-onde-comprar-spirulina-havaiana.html>.

A procura de alimentos funcionais sofreu, nos últimos tempos, um interesse crescente por parte dos consumidores. Estes pretendem alimentos benéficos, motivados pelo aumento da esperança média de vida e pela melhoria da qualidade da mesma, assim como pelo aumento dos custos dos cuidados de saúde. Neste sentido, a indústria alimentar tem vindo a desenvolver a produção de alimentos apelativos, de baixo custo e cada vez mais saudáveis (Plaza *et al.*, 2009).

4.6. Aplicação das algas na indústria farmacêutica e cosmética

Os primeiros registos descobertos sobre terapêuticas com plantas foram encontrados na Mesopotâmia e datam de 2600 a.C. Na atualidade, muitas destas plantas continuam a ser utilizadas no tratamento de inflamações, gripes, constipações e contaminações por parasitas, Com isso pode perceber-se que desde o início da Humanidade que os produtos naturais foram utilizados pelo Homem no tratamento de doenças. Com a descoberta dos fósseis do Neandertal foram encontrados os primeiros vestígios do uso de plantas medicinais (Buschmann *et al.*, 2017).

Apesar do elevado desenvolvimento da biologia molecular e da melhor compreensão da biossíntese e das funções das moléculas bioativas, só na década de 1970 é que ocorreram os grandes progressos relativos à utilização das culturas de algas na produção de pigmentos, suplementos alimentares e vitaminas para a indústria farmacêutica (Richmond, 2004).

O agar, por exemplo, é utilizado na fabricação de comprimidos e cápsulas, lubrificantes cirúrgicos e em variados tipos de emulsões. Também é utilizado como agente desagregante e como excipiente em drageias. Na indústria de cosméticos utiliza-se na produção de cremes, loções, batons para os lábios e desodorizantes (Iberagar, 2010).(Dawczynski, Schubert, & Jahreis, 2007)

A aplicação dos extratos de algas na indústria de cosméticos não é recente e encontram-se no mercado diversos produtos derivados destes organismos, nomeadamente para o tratamento da pele (cremes anti envelhecimento, produtos regeneradores ou refrescantes) (Wang *et al.*, 2015). Existem outras aplicações cosméticas com base em microalgas, sob a forma de produtos para o cabelo e para proteção solar. Um exemplo destes produtos, comercialmente disponível, é um extrato de *Chlorella vulgaris* que estimula a síntese de colagénio na pele e a regeneração dos tecidos, contribuindo para a redução dos sinais de envelhecimento (Spoloare *et al.*, 2006).

Na cosmética, a aplicação das algas está muito direcionada para o tratamento cutâneo. No mercado existem diversos produtos, como se pode observar na figura 16, como cremes anti-envelhecimento, regeneradores, anti-irritantes, adelgaçantes, antirrugas, preventores de estrias, proliferadores celulares e exfoliantes, que indicam conter extratos de algas na sua composição, nomeadamente de *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) e *Spirulina* sp. (*Arthrospira*) (Cyanophyceae) (Spolaore *et al.*, 2006).

As algas são muito utilizadas na cosmética, nomeadamente, na Talassoterapia que é uma terapia à base de banhos quentes de água do mar em combinação com misturas de sais, areia e infusões de

algas ou derivados, com fins curativos e preventivos, com o intuito de cuidar do corpo e da pele (Pereira, 2010).

Também existem protetores solares para a pele ou para o cabelo que usam extratos de algas para proteção contra as radiações UVA e UVB (Vasconcelos *et al.*, 2010).

As algas tem uma ação antibacteriana onde os antibióticos foram considerados medicamentos de grande interesse, desde a sua descoberta, em 1928, pelo médico microbiologista Alexander Fleming. No entanto, a sua popularidade rapidamente conduziu ao uso excessivo dos mesmos. Durante a última década, os antibióticos perderam a eficácia e o tratamento de infecções bacterianas é cada vez mais difícil, devido à resistência aos agentes antimicrobianos, desenvolvida pelas bactérias. A resistência aos medicamentos é um problema grave na atualidade e a descoberta de novos compostos antibacterianos para combater as infecções é premente (Kong e Ray, 2016).

Tabela 1: Alguns produtos obtidos a partir de algas e respectivas aplicações nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética (adaptado de Derner *et al.*, 2006).

	Produto	Aplicações
Biomassa	Biomassa	Alimentos naturais <i>health food</i> Alimentos funcionais Aditivos alimentares Aquicultura Condicionador do solo
Corantes e antioxidantes	Xantofilas (astaxantina e cantaxantina) Luteína Betacaroteno Vitamina C e E	Aditivos alimentares Cosméticos
Ácidos gordos	Ácido araquidónico - ARA	Aditivos alimentares

Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais).

	<p>Ácido eicosapentaenóico - EPA</p> <p>Ácido docosahexaenóico - DHA</p> <p>Ácido gama-linolénico - GLA</p> <p>Ácido linoléico - LA</p>	
Enzimas	<p>Superóxido dismutase - SOD</p> <p>Fosfoglicerato quinase - PGK</p> <p>Luciferase e Luciferina</p> <p>Enzimas de restrição</p>	<p>Alimentos</p> <p>Pesquisa em biotecnologia alimentar</p> <p>Medicina</p> <p>Aditivos alimentares</p>
Polímeros	<p>Polissacarídeos</p> <p>Amido</p> <p>Ácido poli-β-hidroxibutírico - PHB</p> <p>Peptídeos</p> <p>Toxinas</p>	<p>Cosméticos</p> <p>Medicina</p>
Produtos especiais	<p>Isótopos</p> <p>Aminoácidos (prolina, arginina, ácido aspártico)</p> <p>Esteroides</p>	<p>Pesquisa em biotecnologia alimentar</p> <p>Medicina</p>

4.7. Composição nutricional das Macroalgas

A composição química das macroalgas varia consoante a espécie, estação e habitat. As algas são conhecidas por serem um alimento nutritivo com poucas calorias, sendo constituídas, maioritariamente, por proteínas, lípidos, hidratos de carbono, compostos fenólicos, vitaminas e sais minerais (Fonseca, 2016).

Elas contêm cerca de 80-90% de água e o seu peso seco contém cerca de 50% de hidratos de carbono, 1-3% de lípidos e ainda 7-38% de minerais. Relativamente ao seu conteúdo em proteínas, a percentagem é bastante variável, rondando os 10-47%, apresentando ainda quantidades elevadas de aminoácidos essenciais (Domínguez, 2013).

O teor de fibra dietética (hidratos de carbono que não são digeridos pelo trato gastrointestinal) nas macroalgas varia entre 33-50 g/100g de peso seco de alga. A parede celular das algas é constituída principalmente por celulose, ulvano, alginato, fucoidanos, laminarina, carragenana e agar. O polissacarídeo ulvano é característico das algas verdes, os alginatos, fucoidanos e as laminarinas das algas castanhas, enquanto que a carragenana e o agar são típicos das algas vermelhas. As algas são ainda uma fonte de vitaminas solúveis (vitamina B, B2, B3, B5, B12, C) e insolúveis (vitamina A, E, D e K) e de minerais (Ca, Na, K, S, I, Mg, Fe, Zn, Mn, etc.) (Domínguez, 2013).

5. Metodologia

5.1. Área de estudo

A Ilha de Inhaca situa-se no Oceano Índico, a cerca de 32 km da cidade de Maputo, capital de Moçambique. A Ilha de Inhaca esta localizada entre as Latitudes: -25°58'14.47"S e Longitudes: 32°59'37.97"E, o município faz parte administrativamente, constituindo um distrito municipal, o distrito KaNyaka (Muacanhia, 2003).

A Ilha de Inhaca tem uma forma de H ou N distorcida cobrindo uma área de cerca de 42,5 km². A Ilha se estende até 12,5 km de Ponta Mazondue (NE) até Ponta Torres (SE) 41 e tem cerca de 7 km na área central mais ampla. A pequena ilha portuguesa cobre uma área de cerca de 3,7km². A temperatura média anual é variável (22^o – 23^o C) sendo a máxima de 37^o C e a mínima de 12^o C. Há apenas duas estações: chuva e estação quente (outubro-março) e estação seca e fria (abril-setembro). A precipitação anual é geralmente de cerca de 600 mm. (Muacanhia, 2003).

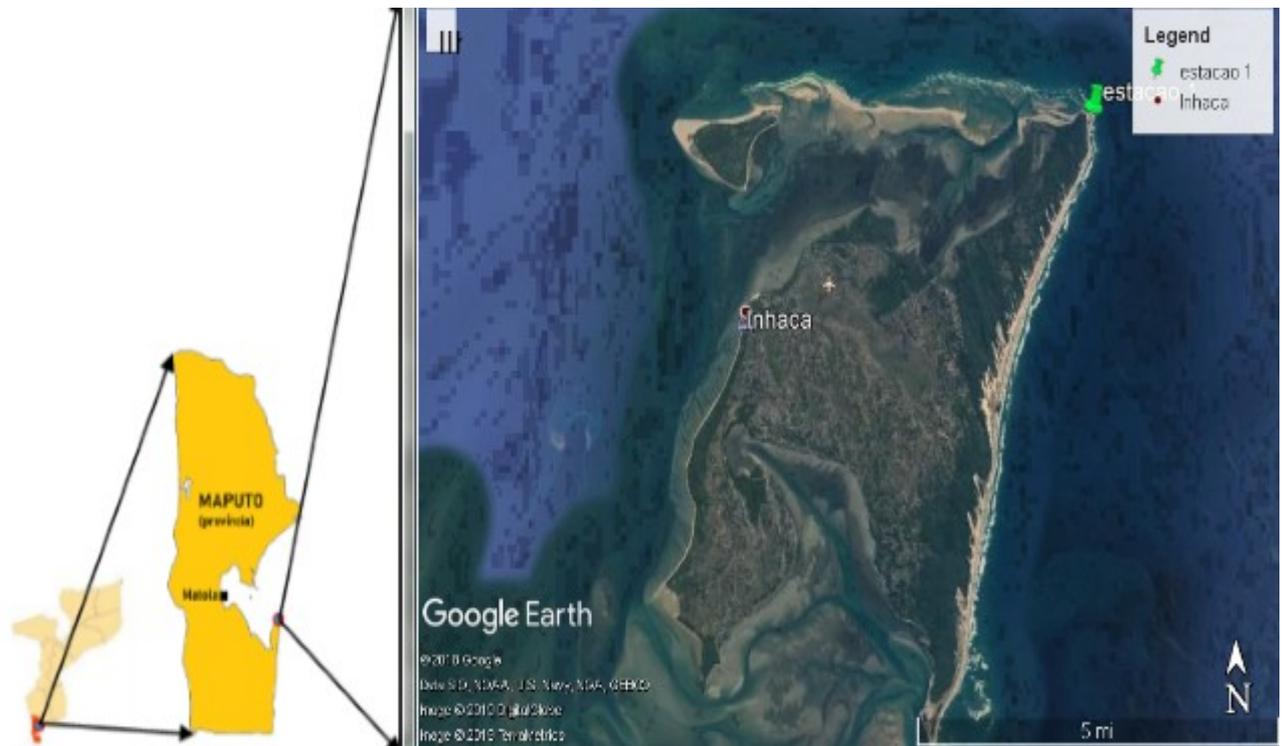


Figura 3:Localização geográfica da Ilha de Inhaca (Google Earth).

5.2. Recolha da matéria prima (macroalgas)

As espécies de algas utilizadas nesse estudo foram coletadas na Ilha de Inhaca. A escolha foi feita, utilizando-se os seguintes critérios: abundância da alga, facilidade de obtenção, e não ter sido uma espécie que teve seus polissacarídeos, lípidos totais e Minerais estudados para a determinação de teor. As espécies escolhidas foram *Halimeda tuna*, *Chamaedoris delphinii*, *Valónia utricularis*, *Codium compendium*, *Ulva rigida*, *Sarganssum elegans*, *Sarganssum muticum*, *Padina pavonica*, *Osmundea pinnatifida*, *Ptilophora sp*, *Tricleocarpa cylindrica*, *Jania adhaerens*, *Liagora ceranoide* e *Amphiroa ancep*, para a extração de lípidos totais e Polissacarídeos sulfatados. E as espécies *Chamaedoris delphinii*, *Codium prostratum*, *Halimeda cuneata*, *Laurencia natalum*, *Liagora divaricata*, *Pseudocodium devriesci*, *Dictyocta suhrii*, *Sargassum elegans*, *Rhizochonium sp*, *Trematocarpus flabellatus*, *Hypnea specifera*, *Jania adherensis*, *Cheilosporum sagitatum*, *Galaxaura corymbiferae* *Gracilaria salicornia* para a extração de Minerais.

5.3. Amostragem, preparação e preservação das macroalgas marinhas

As algas que crescem na zona das marés estão sujeitas ao periodismo das marés, sendo que, as condições de maré baixa, são as mais adequadas para sua coleta. As algas foram coletadas manualmente, com auxílio de espátula ou faca, tendo-se o cuidado de retirar as plantas inteiras, coletando uma quantidade de 500g por cada espécie.

Estas foram mantidas úmidas, acondicionadas em sacos plásticos, sendo as menores e as mais delicadas colocadas em frasco de vidro com tampa. Deve-se tomar o cuidado de não colocar muitas plantas juntas, para evitar danos e facilitando sua posterior separação. Os frascos e sacos contendo o material coletado ficaram protegidos do calor intenso e da luz solar. (Fidalgo e Bononi, 1984).

Após a coleta as algas serão levadas ao laboratório da estação de biologia marinha da ilha de Inhaca (EBMII), No laboratório, as macroalgas foram identificadas recorrendo a chave de identificação taxonômica, e comparadas as macroalgas que estão no herbário da Estação de Biologia Marinha de Inhaca, e posteriormente conservadas.

No dia seguinte foram transportados para o laboratório da Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) para a extração dos compostos bioactivos.

As amostras de algas foram lavadas primeiramente com água do mar, de forma a remover areia, epífitos e outros materiais incrustantes e depois com a água destilada para remover o sal. Após a lavagem, as amostras foram secas com papel absorvente, para retirar o excesso de água, e armazenadas a -80 °C, para preservar a bioatividade dos seus componentes até posteriores análises.

Estes pré-tratamentos são essenciais para evitar a perda das qualidades iniciais das algas marinhas, com propriedades semelhantes de solubilidade, bem como para garantir a representatividade da amostra. Antes de cada análise, as algas foram descongeladas e secas em estufa a 65 °C durante 48 horas (evitando o sobreaquecimento que poderá provocar oxidação) e posteriormente reduzidas a pó com a ajuda de um homogeneizador, sendo secas novamente a 65 °C de modo a obter um extrato seco sem humidade.

5.4. Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o software SPSS 20 (SPSS Inc.) e Excel 2013. Para a estatística descritiva, foram apresentadas médias e desvio padrão das médias (\pm DPM) dos valores de lípidos e polissacarídeos. Análises One-way ANOVA foram realizadas para determinar se houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nos valores de lípidos e polissacarídeos. One-way ANOVA resultados foram utilizados apenas quando o teste de Levene de homogeneidade de variâncias não foi estatisticamente diferente ($p > 0,05$). Testes de comparação múltipla post hoc (teste de Tukey) foram realizados quando as diferenças entre as médias foram estatisticamente significativas.

5.5. Extração de Polissacarídeos sulfatados

O método mais usado para a quantificação de hidratos de carbono totais em amostras solúveis é o método de Dubois *et al.* (1956), sendo considerado padrão para este tipo de determinação.

Este método baseia-se na determinação de açúcares simples, polissacarídeos e os seus derivados incluindo os metil-ésteres com grupos redutores livres, após a desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol. A mudança de cor da solução é medida na região do visível e é proporcional à quantidade de açúcares presentes na amostra. A reação é sensível e de cor estável.

Esta técnica colorimétrica é usada para a deteção e quantificação de hidratos de carbono totais, produzindo derivados com cromóforos distintos para pentoses e hexoses, que têm máximos de absorção a 480 e 490 nm, respetivamente (Dubois Citado por Paiva, 2013).

5.5.1. Procedimentos:

Para a determinação dos polissacarídeos fez se pesagem de 100 mg de amostra para um tubo, procedeu se à hidrólise com 5 mL de HCl 2.5 M, mantendo o tubo num bloco de aquecimento a uma temperatura de 100 °C durante 3 horas e arrefecer à temperatura ambiente, depois neutralizar com carbonato de sódio até a efervescência cessar, perfazer o volume até 100 mL e centrifugar a 3500 rpm durante 8 min. em seguida pipetou se 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 e 1 mL do padrão (glucose) para uma série de tubos de ensaio e pipetou se 0.1, 0.2 e 0.3 mL da solução da amostra para três tubos de ensaio separados, em seguida perfazeu se o volume em cada tubo até 1 mL com água destilada e colocou se um tubo com 1 mL de água (branco), depois adicionou se 1 mL de solução fenol (5%) a cada tubo e 5 mL de H₂SO₄ a 96% a cada tubo e agitou se no vórtex, cerca de 10 min. agitar o

conteúdo dos tubos e colocar em banho-maria a 25-30 °C durante 20 min. Faz-se a leitura no espectrofotómetro (UV-1800 Shimadzu) a 490 nm, depois calculou-se a quantidade de hidratos de carbono totais na solução de amostra usando a curva de calibração da glucose.

Standard glucose: Dissolver 100 mg em 100 mL de água destilada. Retirar 10 mL desta solução e diluir com 100 mL de água destilada.

5.6. Extração dos lípidos totais pelo método gravimétrico de Soxhlet

Foi feita a extração a quente com solvente pelo método de Soxhlet, onde se descreveu a técnica. Esta é uma técnica que permite variações quanto ao solvente utilizado (e, portanto, a temperatura necessária para a ebulição) (Cecchi, 2003).

5.6.1. Preparo da vidraria e dos equipamentos

No processo de preparo de equipamento primeiro liga-se o banho termostaticado com 2 h de antecedência para iniciar a refrigeração da água de circulação e simultaneamente os sistemas de aquecimento a 70 °C e o sistema de circulação de água refrigerada a 0 °C, conferir se a vidraria a ser utilizada está limpa, secar os balões em estufa a 105 °C por 2 h, desligar a estufa, retirar os balões de fundo chato do seu interior, colocá-los no dessecador e deixá-los esfriar por 30 min ou até chegar à temperatura ambiente, pesar os balões em balança previamente tarada e anotar a massa do balão na planilha específica, identificar os balões de fundo chato.

5.6.2. Montagem do sistema – equipamento Soxhlet

Após ter siliconado as juntas esmerilhadas das cornetas e dos condensadores, identificar as cornetas, conforme a identificação previamente feita nos balões, pesar 2,0 g de amostra previamente preparada e seca, em papel filtro, para a determinação de lipídios, as amostras devem estar livres de umidade, devendo-se, portanto, efetuar a desidratação prévia das mesmas, colocar o papel contendo a amostra na corneta, conforme número da amostra e número da corneta. Conectar as mangueiras de circulação de água aos condensadores, observando a entrada e a saída correta da água, a saber: conectar na parte inferior do banho o tubo da entrada e na parte superior o tubo de retorno da água. Colocar solvente nos balões, sendo que a quantidade varia conforme o tamanho da corneta.

5.6.3. Procedimentos:

Para a quantificação dos lípidos totais foi utilizado o método gravimétrico de Soxhlet (AOAC, 2000). Inicialmente fez-se a pesagem de 2 g de amostra e colocou-se num cartucho de papel e fez-se

a montagem do Soxhlet utilizando como solvente 100 ml de diclorofórmio:etanol (2:1, v/v) e extrair durante 4 horas, depois de retirar a amostra com solvente, secou-se no evaporador rotativo (o vácuo do evaporador é libertado com nitrogénio para evitar a oxidação dos lípidos), no fim efetuou-se pesagens repetidas até a obtenção de peso constante.

Equação 1: Cálculo Do Teor De Lípidios (% , Base Seca).

$$\text{Teor de lípidios (\%)} = \frac{\text{Pesoda balão com lípidos (g)} - \text{Pesoda balão (g)}}{\text{Pesoda amostra (g)}} \times 100$$

Onde: N = massa de lípidios (em gramas), ou seja, (massa do balão pós estufa) – (massa do balão limpo); P = massa da amostra seca (em gramas).

5.7. Extração de Minerais

Para a extração de minerais presentes nas macroalgas em estudo, usou-se o método de varrimento de fluorescência de raios-X (*Energy Dispersive X-ray Fluorescence, EDXRF, Shimadzu 7000, Japan*) numa análise semi-quantitativa. A concentração elementar é expressa em percentagem de suas abundâncias atómicas relativas. Foram avaliadas 15 amostras a temperatura ambiente de 18^o C, a finalidade de identificar toda composição química dos elementos que compõem as amostras.

A EDXRF trata-se de uma técnica analítica nuclear, instrumental, multielementar e simultânea baseada na medição das intensidades de raios-X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra a partir de excitação por meio de um feixe de raios-X. O termo “energia dispersiva” refere-se à técnica de detecção dos raios-X emitidos, que é efetuada por um detector de Si que gera um espectro de intensidade em função da energia. A intensidade da energia característica emitida pelos componentes da amostra está relacionada com a concentração de cada elemento presente na amostra (Alexandre e Bueno, 2006).

Para determinações quantitativas, onde os limites de detecção, precisão e exatidão podem ser menos rígidos, ou quando o custo inicial é o fator preponderante, o EDXRF pode apresentar a melhor solução em custo/benefício. (Alexandre e Bueno, 2006).

6. Resultados e Discussão

6.1. Obtenção da curva de calibração para os polissacarídeos

A curva de calibração para este método foi obtida a partir de soluções padrão preparadas, por diluição, de uma solução padrão mãe de Glucose. Desta, foram pipetados com o auxílio de uma micropipeta de 0,5 até 5 mL. Depois destas diluições preparadas a partir da solução mãe, apenas se teria de preparar a amostra para a análise espectrofotométrica, descrita anteriormente.

Assim, conseguiu-se obter a curva de calibração para polissacarídeo, que se encontra no gráfico da Figura 4, onde se apresenta a relação entre as absorvâncias das soluções padrão com a respetiva concentração em glucose presente em cada solução.

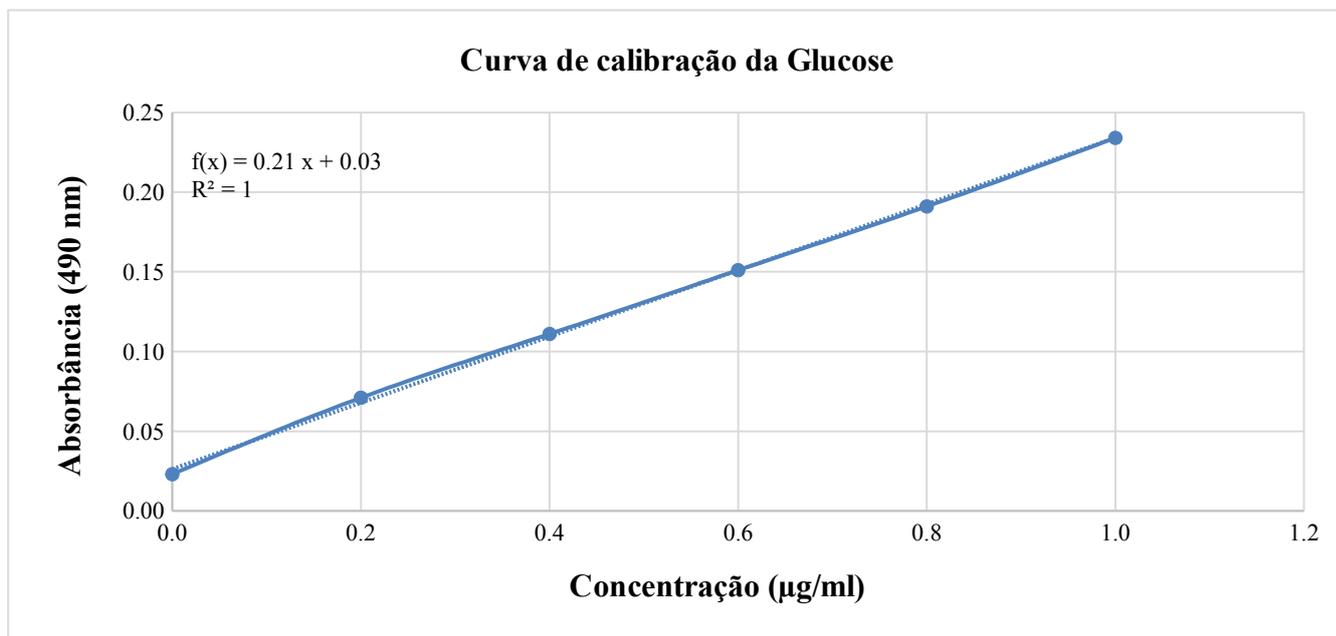


Figura 4: Curva de calibração que apresenta a relação entre as absorvâncias das soluções padrão com a respetiva concentração da glucose (µg/ml), usada para calcular as concentrações dos polissacarídeos que constituem as macroalgas.

A equação da curva de calibração obtida pode ser traduzida pela seguinte expressão:

$$\text{absorvância} = 0.2079 \times \text{concentração de polissacarídeos} + 0.0262$$

$$r^2 = 0.9992$$

Tal como se pode observar, a regressão apresenta uma boa linearidade, uma vez que o respetivo coeficiente de correlação é de, aproximadamente, 1. Para além disso, e tal como esperado, o valor

da ordenada na origem é um valor muito próximo de zero, o que comprova mais uma vez que a linearidade da expressão conseguida se enquadra nos objetivos propostos.

6.2. Teor dos polissacarídeos

As análises efectuadas em macroalgas para a determinação de polissacarídeos demonstraram haver diferenças entre as espécies amostradas, no entanto estas diferenças não foram estatisticamente significantes ($P > 0.05$), nos três grupos de algas. Porém estas macroalgas em estudo estão apresentadas separadamente por grupos de macroalgas (Chlorophytas, Phaeophytas e Rhodophytas).

O conteúdo em polissacarídeos das Chlorophytas, em estudo foi mais elevado na macroalga *Ulva rigida* ($32 \pm 0.13\%$), seguido por *Conidium compendium* ($31 \pm 0.03\%$) e a macroalga com menor teor em polissacarídeos foi *Chamaedoris delphinii* ($21 \pm 0.07\%$) (figura 4).

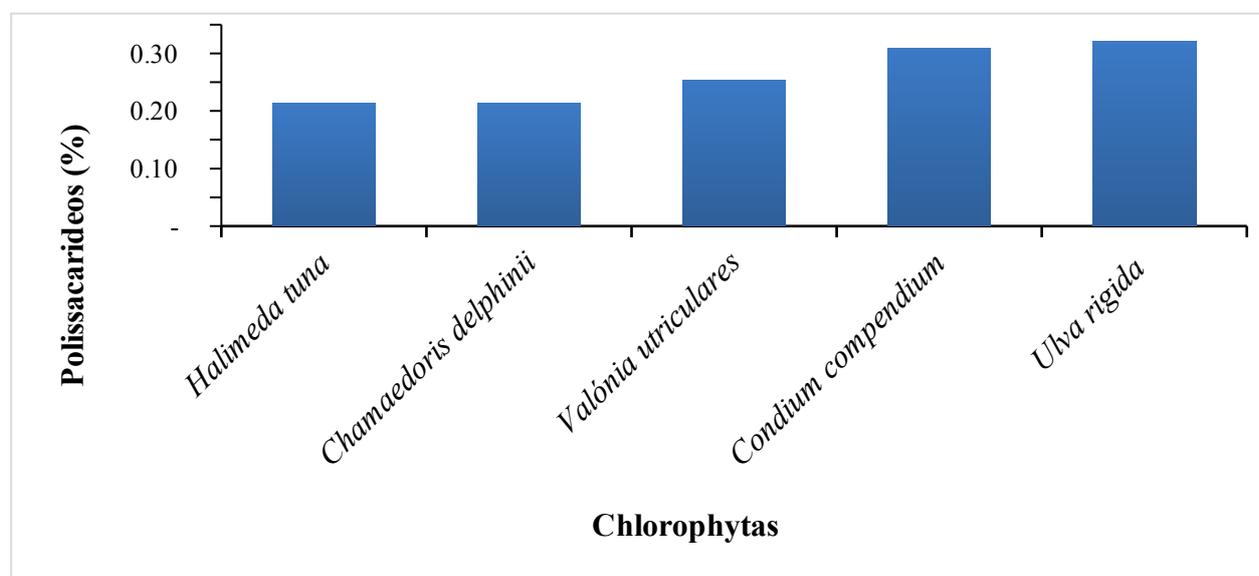


Figura 5: Teores de polissacarídeos obtidos nas Chlorophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm DPM (desvio padrão das médias), a análise estatística realizada mostrou que não houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

No grupo das Phaeophytas, foi possível verificar que a macroalga *Sarganssum muticum* com um valor de ($39 \pm 0.09\%$), seguido de *Sarganssum elegans* com ($27 \pm 0.03\%$) e *Padina pavonica* com ($24 \pm 0.07\%$) (figura 5).

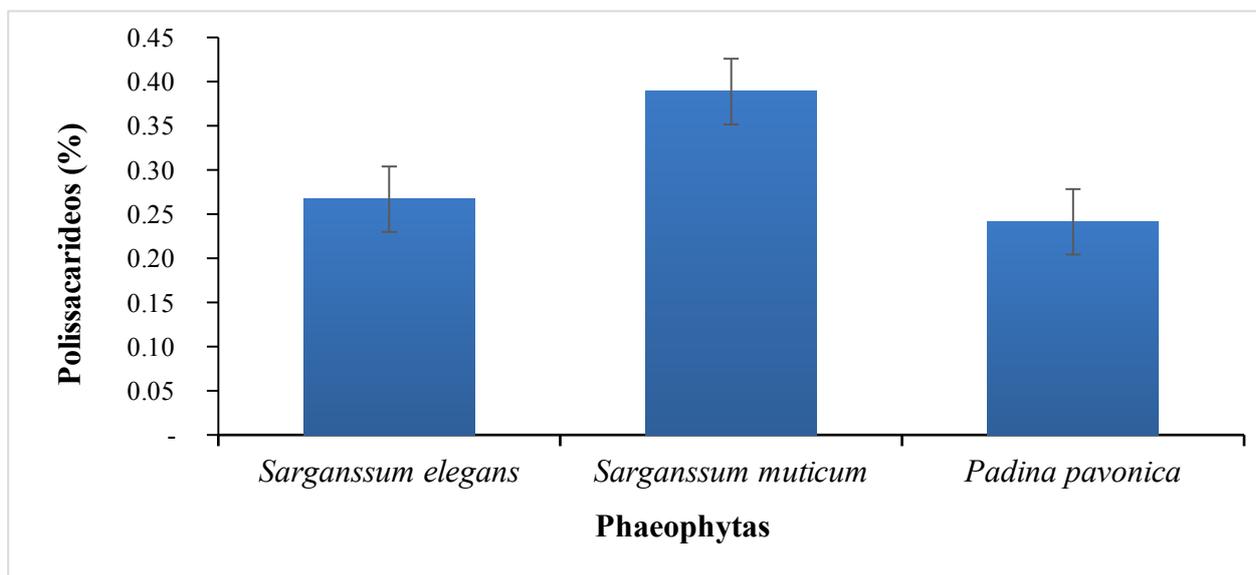


Figura 6: Teores de polissacarídeos obtidos nas Phaeophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm DPM (desvio padrao das médias), a análise estatística realizada mostrou que não houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

Os valores de teores de polissacarídeos obtidos nas Rhodophytas, foram ligeiramente mais elevados para *Amphiroa anceps* ($39 \pm 0.06\%$) e *Ptilophora sp* ($38 \pm 0.09\%$) e ligeiramente mais baixo para *Jania adhaerens* ($22 \pm 0.04\%$) (figura 6).

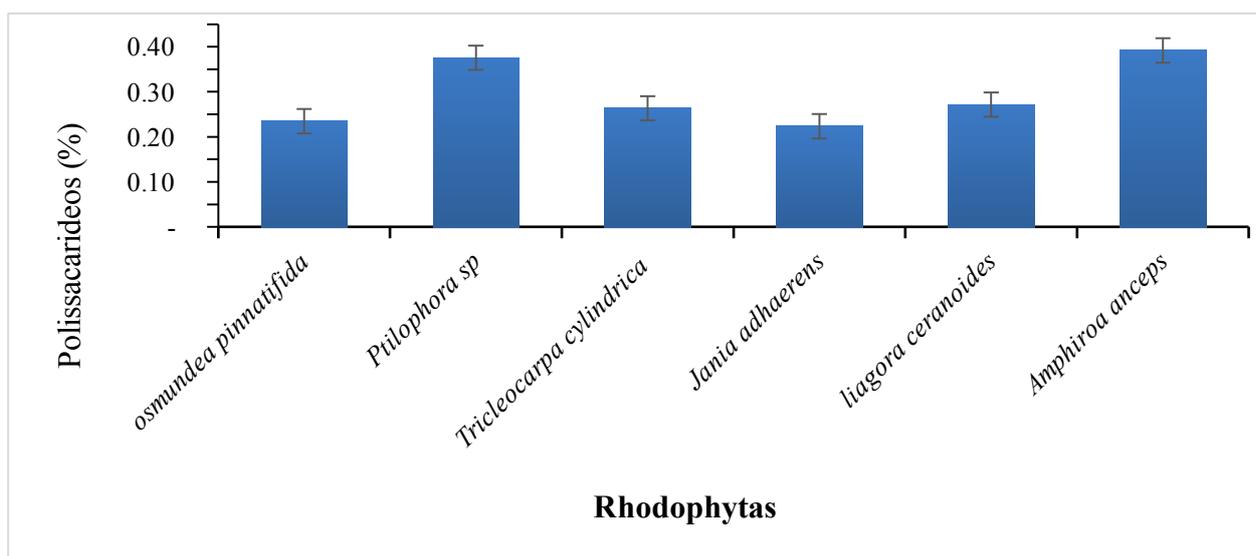


Figura 7: Teores de polissacarídeos obtidos nas Rhodophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm DPM (desvio padrao das médias), a análise estatística realizada mostrou que nao houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

Comparando os resultados em termos de grupo, verificou-se que o grupo das Rhodophytas é o grupo que apresentou maior teor de polissacarídeos, seguido das Phaeophytas. Um estudo feito por

Oliveira (2015) as macroalgas em geral no seu peso seco pode atingir cerca de 50% de polissacarídeos entrando em concordância com os resultados obtidos neste estudo pois estão dentro dos parâmetros.

Segundo Cunha e Grenha (2016) mostrou que em geral, o teor de polissacarídeos varia entre 4% e 8%, dependendo do local e estação de coleta das algas, sendo usados principalmente como uma fonte de polissacarídeos para alimentos e usos farmacêuticos. Em contraste com o presente estudo os resultados mostram que houve maior concentração do teor de polissacarídeos que variou entre $21 \pm 0.04\%$ da *Halimeda tuna* à $39 \pm 0.09\%$ de *Sargassum muticum*, resultados similares aos de Paiva (2013) que fez um estudo para a determinação de polissacarídeos nas macroalgas *Fucus spiralis* ($17.59 \pm 0.27\%$), *Osmundea pinnatifida* ($17.61 \pm 0.39\%$) e *Ulva rigida* ($16.74 \pm 0.17\%$) mostrando que o teor foi semelhante nas três espécies de macroalgas.

Segundo Rosenberg e Ramus, 1982 a síntese dos polissacarídeos nas algas está relacionada com os períodos de crescimento máximo e aumento da atividade fotossintética. Por outro lado, estes períodos são influenciados por valores elevados de temperatura, salinidade e intensidade solar, sobrevalorizando o valor de polissacarídeo obtido.

6.3. Teor dos Lípidos Totais

Na determinação dos Lípidos Totais foram feitas as análises nas macroalgas (Chlorophytas, Phaeophytas e Rhodophytas), essas análises demonstraram haver diferenças entre as espécies amostradas, no entanto estas diferenças foram estatisticamente significantes ($P > 0.05$).

Relativamente ao conteúdo em lípidos totais, os valores obtidos nas Chlorophytas, o teor mais elevado foi verificado na macroalga *Conidium compendium* ($9.16 \pm 0.09\%$) seguida de ($4.41 \pm 0.5\%$) para a *Ulva* rígida e o menor teor foi de *Halimeda tuna* com $2.17 \pm 0.08\%$ (figura 8).

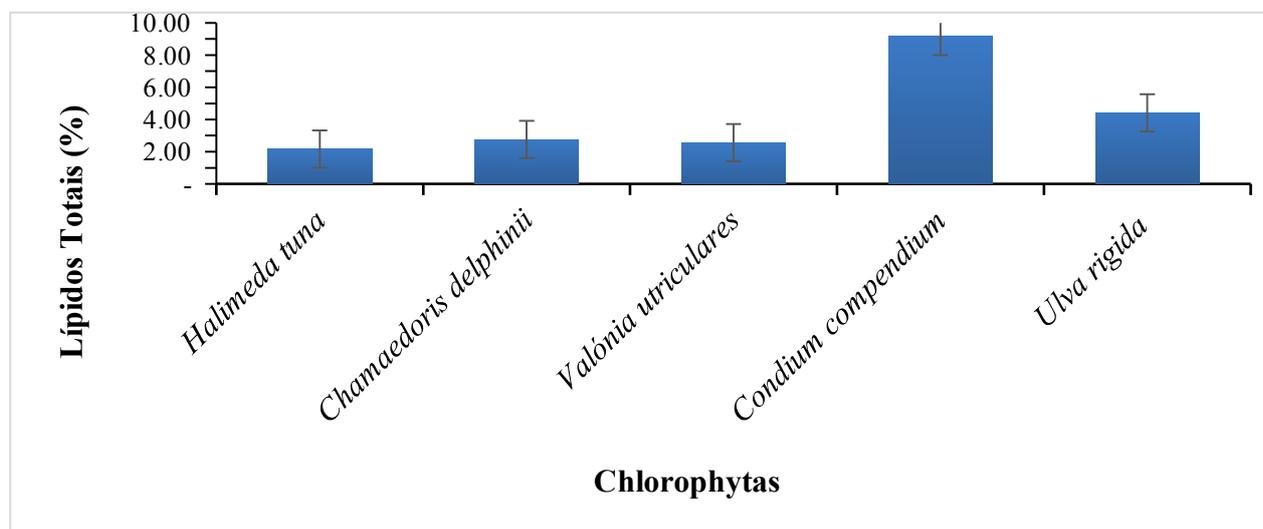


Figura 8: Teores de Lípidos Totais obtidos nas Chlorophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm EPM. As letras (a e b) indicam as diferenças significativas entre as espécies, a análise estatística realizada mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

Nas análises feitas para a determinação do teor nas Phaeophytas, usou se 3 espécies onde o *Sarganssum muticum* teve maior rendimento com $6.07 \pm 0.5\%$, seguida de *Sarganssum elegans* ($5.82 \pm 0.5\%$), um valor que assemelha se a *Sarganssum muticum* com uma diferença muito ínfima e ($2.29 \pm 0.3\%$) foi o menor teor da espécie das Phaeophytas (figura 9).

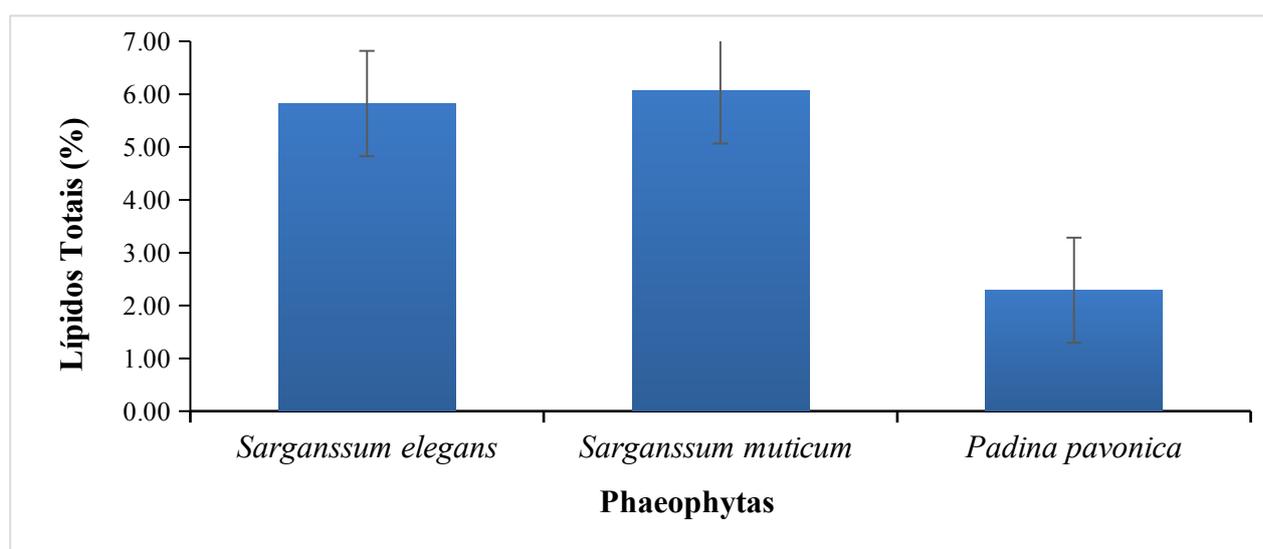


Figura 9: Teores de Lípidos Totais obtidos nas Phaeophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm EPM. As letras (a e b) indicam as diferenças significativas entre as espécies, a análise estatística realizada mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

Para a obtenção dos lípidos totais nas Rhodophytas, analisou se 6 amostras tendo verificado que a *Liagora ceranoides* com uma percentagem de $5.59 \pm 0.5\%$ foi a macroalga com maior rendimento no grupo das Rhodophytas, seguida de *Tricleocarpa cylindrica* ($5.57 \pm 0.3\%$) e a macroalga *Osmundea pinnatifida* teve menor teor de lípidos ($1.65 \pm 0.5\%$) (figura 9).

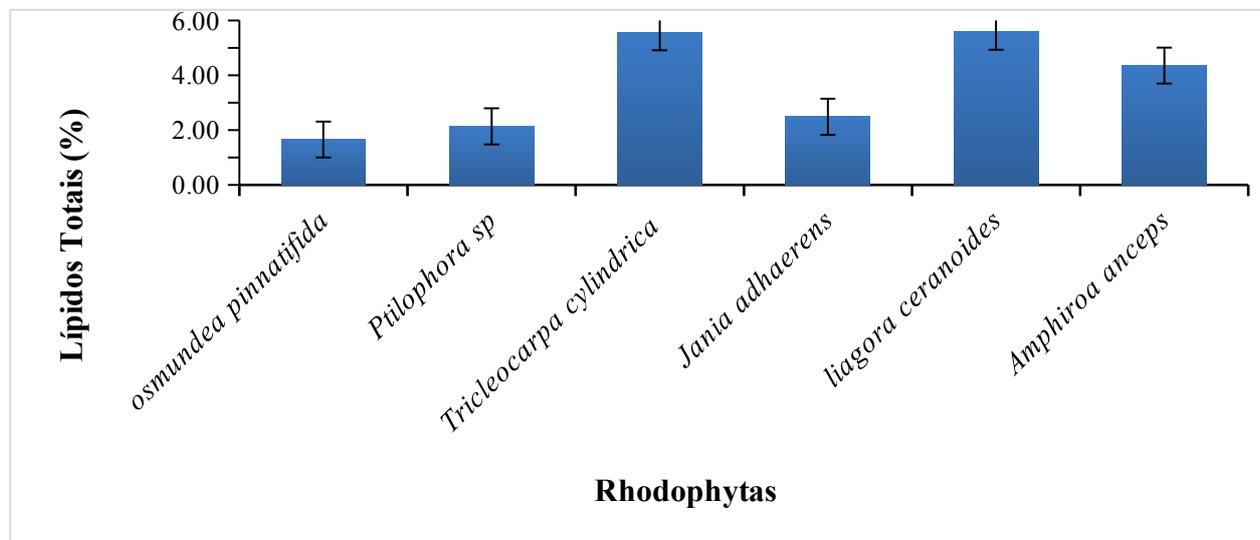


Figura 4: Teores de lípidos totais obtidos nas Rhodophytas. A linha vertical sobre a barra representa o desvio padrão dos resultados, os dados são apresentados como média ($n = 3$) \pm EPM. As letras (a e b) indicam as diferenças significativas entre as espécies, a análise estatística realizada mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

Segundo Oliveira (2015) o teor de lípidos varia entre 1-3%, têm baixo teor de lipídios, mas eles são de alta qualidade em termos de valor nutricional. Miyashita *et al.*, (2013); Awarnalatha, (2018) relatam que o conteúdo de lípidos totais em macroalgas varia consoante a espécie, a localização, a estação, a temperatura, a intensidade de luz e a salinidade.

Em Phaeophyta o teor de lípidos totais normalmente é inferior a 4% de peso seco (Machado *et al.*, 2004), no entanto, um estudo recente (Terasaki *et al.*, 2016) relatou um teor de 15% de peso seco para a espécie *Sargassum*, colhida na Primavera no Oceano Pacífico norte, estes teores corroboram com os resultados deste trabalho que os teores em lípidos variam entre 1.65% na macroalga *Osmundea pinnatifida* à 9.16% de *Conidium compendium* e com outros estudos Khotimchenko, (1991); EL-Shoubaky *et al.*, (2008).

6.4. Teor dos minerais

Os teores das concentrações de elementos químicos presentes nas macroalgas em estudo, apresentados nos 3 grupos de macroalgas respectivamente (Chlorophyta, Phaeophyta e Rhodophyta), onde fez se as análises elementares em 19 elementos em cada grupo (potássio (K), cálcio (Ca), Cloro (Cl), Enxofre (S), Silício (Si), Ferro (Fe), Boro (Br), Estrôncio (Sr), Fósforo (P), Titânio (Ti), Manganês (Mn), Zircônio (Zr), Cobre (Cu), Rubídio (Rb), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Bromo (Br), Alumínio (Al), Iodo (I)). As figuras abaixo apresentam apenas os 6 elementos com maior teor de minerais e os restantes das concentrações dos elementos pode ser encontrados em anexo.

Relativamente ao conteúdo em minerais das Chlorophytas, em estudo, a macroalga que apresentou maior teor de cálcio foi *liagora divaricarta* com cerca de 91.8%, seguido por cloro que atingiu cerca de 69.2% na macroalga *Conidium prostratum*, 35.7% de silício da *Chamaedoris delphinii*, no potássio foi possível 19.1% de *Laurencia natalum*. A maior concentração de enxofre foi observada na *Pseudocodium divriesci* com 12.7% e ferro com 4.7% da *Chamaedoris delphini* (figura 11).

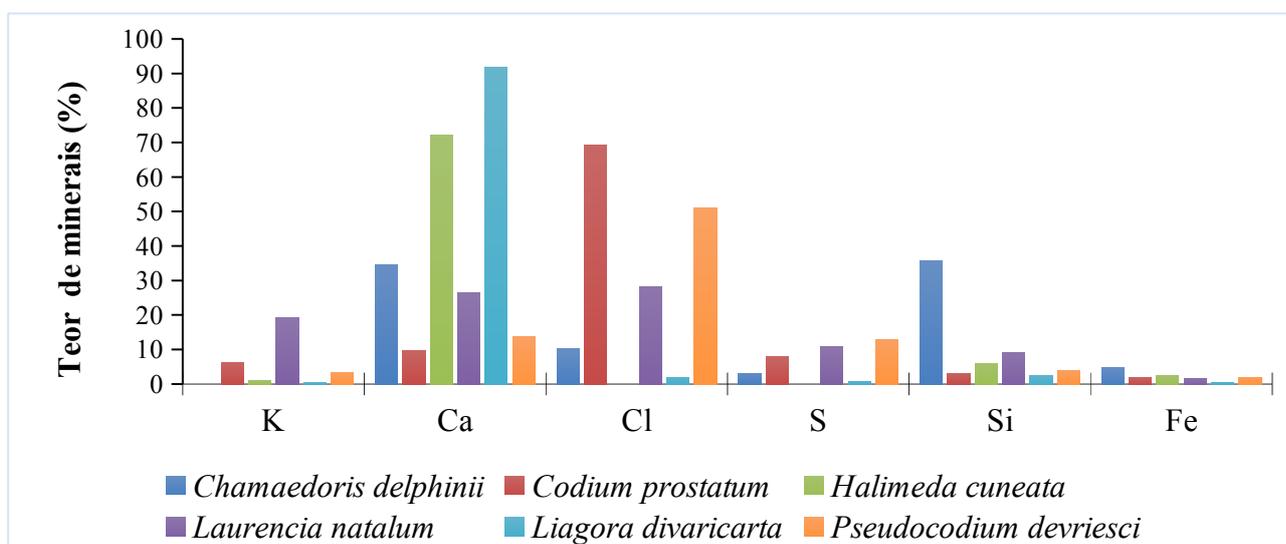


Figura 5: Teor percentual de minerais mais abundantes nas espécies de macroalgas Chlorophytas, as espécies estão diferenciadas por cores e cada cor da barra representa uma espécie em cada elemento, onde (K) potássio, (Ca) cálcio, (Cl) Cloro, (S) Enxofre, (Si) Silício, (Fe) Ferro. Os locais vazios indicam que não foi possível detectar os minerais nas respectivas macroalgas.

No grupo das Phaeophytas, a macroalga *Sargassum elegans* teve maior concentração de cálcio com 36.4%, seguida pela *Dictyocta suhrii* com 28.4% de Ferro, 25% de cloro e 7.3% de silício, a macroalga *Sargassum elegans* foi a macroalga que apresentou maior teor de enxofre e o ferro apresentou maior teor na *Rhizochonium sp* 1.82% (figura 12).

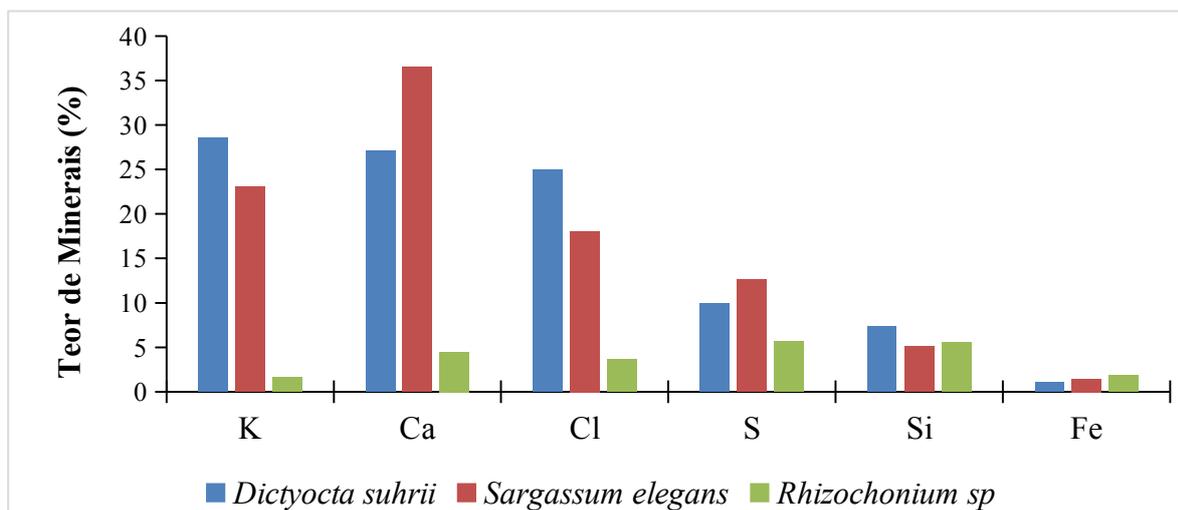


Figura 6: Teor percentual de minerais mais abundantes nas espécies de macroalgas Phaeophytas, as espécies estão diferenciadas por cores e cada cor da barra representa uma espécie em cada elemento, onde (K) potássio, (Ca) cálcio, (Cl) Cloro, (S) Enxofre, (Si) Silício, (Fe) Ferro. Os locais vazios indicam que não foi possível detectar os minerais nas respectivas macroalgas.

Relativamente ao grupo das Rhodophytas, as macroalgas com maior concentração de cálcio foi *Jania adherensis* e *Cheilosporum sagittatum* que tiveram mesma percentagem de 85.2%. a macroalga que teve maior concentração de cloro foi *Gracilaria salicornia* com 51.5%, a maior concentração de potássio foi a *Hypnea specifera* com 38% e foi quantificado 7.5% de enxofre na mesma macroalga, a maior concentração de silício foi observado na *Cheilosporum sagittatum* com 10% e a *Galaxaura corymbifera* teve maior teor de Ferro com 2.1% (figura 13).

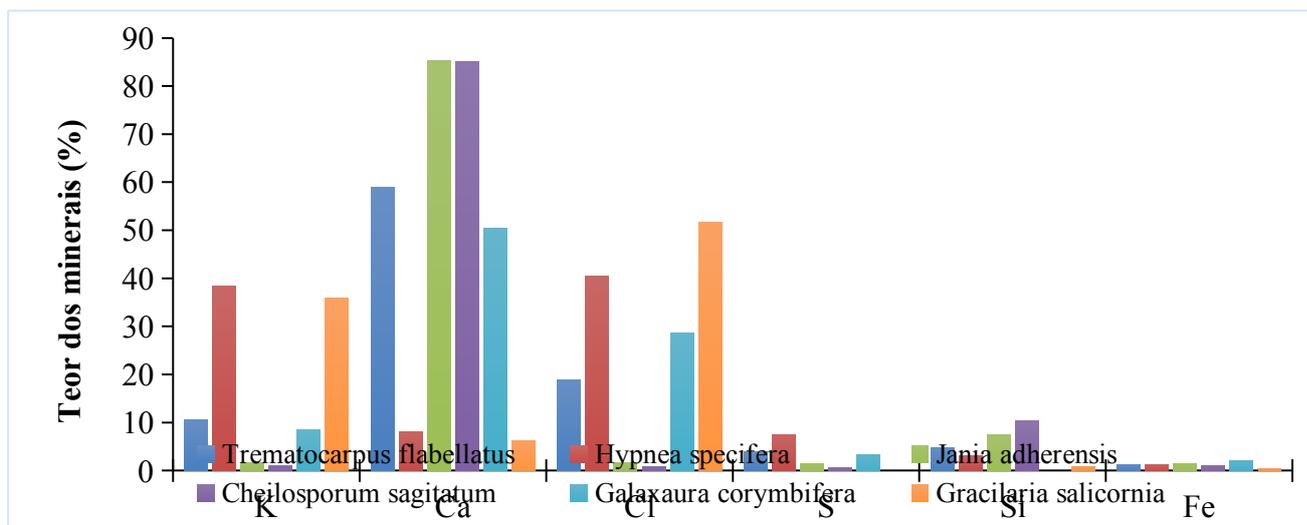


Figura 7: Teor percentual de minerais mais abundantes nas espécies de macroalgas Rhodophytas, as espécies estão diferenciadas por cores e cada cor da barra representa uma espécie em cada elemento, onde (K) potássio, (Ca) cálcio, (Cl) Cloro, (S) Enxofre, (Si) Silício, (Fe) Ferro. Os locais vazios indicam que não foi possível detectar os minerais nas respectivas macroalgas.

Em certas macroalgas usando a metodologia empregada nesse estudo não foi possível detectar o teor de alguns minerais, em anexo tabela 3,4,5, isto é, não existe o mineral na sua composição ou encontram-se em quantidades muito reduzidas que não foram possíveis a sua quantificação no equipamento. No entanto, de acordo com Dawczynski *et al.*, (2007) as algas marinhas são um fraco contribuinte na extração de certos minerais no caso de zinco, manganês. Nesse estudo a maioria dos minerais Boro (Br), Estrôncio (Sr), Fósforo (P), Titânio (Ti), Manganês (Mn), Zircônio (Zr), Cobre (Cu), Rubídio (Rb), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Bromo (Br), Alumínio (Al), Iodo (I)), o seu teor foi muito baixo que variava entre 0.03% a 3.4%.

Segundo Macartain *et al.*, (2007) Os minerais essenciais acumulam-se nas macroalgas a níveis muito mais elevados do que em outras plantas terrestres. O teor em minerais de algumas macroalgas pode chegar até 36% da matéria seca e de acordo com Pereira (2014) nutricionalmente as algas são mais conhecidas pelo seu extraordinário conteúdo de minerais e oligoelementos que juntos podem conter até 55% do peso seco das algas marinhas em contraste com (Dawczynski, 2007) no caso de cobre varia de 0,4 a 63,6% e manganês varia entre 0,6 a 82,3% a contribuição de macroalgas. Onde a espécie *Porphyra sp.* é constituída por 30,7%. O estudo feito no presente trabalho apresentou concentrações muito reduzidas de cobre (0,11%) e manganês (0,09%).

A macroalga é provavelmente a fonte mais conhecida de iodo, que está presente em concentrações de até 4,7% do seu teor de certas espécies. Neste estudo a maior concentração de iodo foi de 1.65% da espécie *Pseudocodium devriesii*. O iodo é um elemento químico muito essencial para humanos e animais para a síntese dos hormônios tireoidianos tiroxina e triiodotironina. Esses hormônios da tireóide são multifuncionais e têm papéis importantes na regulação do crescimento, desenvolvimento e metabolismo (Erlania e 2017).

O magnésio também está presente em concentrações significativas em várias espécies de algas marinhas. O magnésio compreende cerca de 0,7-3% do seu teor das algas marinhas *Laminaria digitata*, *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum muticum*, musgo irlandês e alface-do-mar. Como co-fator para muitas enzimas, a ingestão suficiente de magnésio é importante para a produção de energia, síntese de proteína, função muscular e nervosa, controle glicêmico e regulação da pressão arterial (Erlania, 2017).

7. Conclusão

De acordo com os objectivos do presente trabalho pode-se concluir que:

O grupo das Rhodophytas é o grupo que apresentou maior teor de polissacarídeos, seguido das Phaeophytas. Mas na determinação de lípidos totais e minerais o grupo da Chlorophytas é que apresentou maior rendimento.

O teor em polissacarídeos das Chlorophytas em estudo foi mais elevado na macroalga *Ulva rigida* com $32\pm 0.13\%$, no grupo das Phaeophytas foi possível verificar que a macroalga *Sargassum muticum* com um valor de $39\pm 0.09\%$ teve maior teor, nas Rhodophytas a macroalga *Amphiroa anceps* com $39\pm 0.06\%$ teve o teor mais elevados.

Nos lípidos totais, o valor mais elevado obtido nas Chlorophytas foi de $9.16\pm 0.09\%$ para a *Codium compendium*, para a determinação do teor nas Phaeophytas, o *Sargassum muticum* teve maior rendimento com $6.07\pm 0.5\%$, nas Rhodophytas *Liagora ceranoides* com uma percentagem de $5.59\pm 0.5\%$ foi a macroalga com maior rendimento.

Relativamente ao conteúdo em minerais a macroalga que atingiram maior teor de cálcio foi *liagora divaricarta* com cerca de 91.8%, o cloro atingiu cerca de 69.2% na *Codium prostatum*, seguido de *Gracilaria salicornia* com 51.5%. O silício foi de 35.7% na macroalga *Chamaedoris delphinii*, no potássio o elevado teor foi verificado na espécie *Hypnea specifera* com 38%, no enxofre a maior concentração foi observado na *Pseudocodium divriesci* com 12.7% *Sargassum elegans*, para o ferro o elevado teor foi de 4.7% da *Chamaedoris delphini*.

8. Referências Bibliográficas

1. Alexandre, t. L., & bueno, m. I. M. S. (2006). Charge induction in semiconductor detectors with pixellated structure † for a charge within the grounded. X-ray spectrometry, 36(march), 158–161. <https://doi.org/10.102/xrs>.
2. Bandeira, s. O., & muiocha, d. (2009). Programa de investigação aplicada para o ambiente marinho e costeiro nas províncias de gaza e inhambane no período anos 2009 a 2012, 47. Retrieved from http://www.zonascosteiras.gov.mz/img/pdf/investigacao_aplicada_gaza_inhambane_edt_2011.pdf.
3. Buschmann, a. H., camus, c., hernández-gonzález, m. C., golberg, a., critchley, a. T., pereda, s. V., neori, a. (2017). Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. European journal of phycology, 52(4), 391–406. <https://doi.org/10.1080/09670262.2017.1365175>.
4. Cavalier-smith, t. (1998). A revised six-kingdom system of life. Biological reviews, 203–266. Retrieved from <http://cyanophora.rutgers.edu/cyanophora/pdfs/9809012.pdf>
5. Cristina, e., & rolleberg, c. E. (2004). Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica eliane cristina vidotti e maria do carmo e. Rolleberg*. Analytical chemistry, 27(1), 139–145.
6. Critchley, a. T., bandeira, m. E. A. S., & kalk, m. (1997). A revised list of seaweeds from inhaca island , mozambique. South african journal of botany, 63(6), 426–435. [https://doi.org/10.1016/s0254-6299\(15\)30796-1](https://doi.org/10.1016/s0254-6299(15)30796-1)
7. Cunha, l., & grenha, a. (2016). Sulfated seaweed polysaccharides as multifunctional materials in drug delivery applications, 41. <https://doi.org/10.3390/md14030042>
8. Dawczynski, c., schubert, r., & jahreis, g. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. Food chemistry, 103(3), 891–899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>
9. El-shoubaky, g. A., yousef moustafa, a. M., & salem, e. A. E. (2008). Comparative phytochemical investigation of beneficial fatty acids on a variety of marine seaweeds algae, 10. Retrieved from <https://scialert.net/qredirect.php?doi=rjphyto.2008.18.26&linkid=pdf>
10. Erlania, i., & radiarta, i. N. (2017). Observation of wild seaweed species in labuhanbua waters, indonesia: a preliminary assessment for aquaculture development. Omni-akuatika, 13(1), 25. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.1.172>
11. Fonseca, j. A. (2016). Aplicação de algas na indústria alimentar e farmacêutica, 75. Retrieved from https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5827/1/ppg_29141.pdf

12. G p, governo de portugal. (2013). Estrategia nacional para o mar 2013 - 2020, 73. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/43419370.pdf>
13. Guerra, r. A. T., kanagawa, amélia laeca, santos, c. F. Dos, silva, f. S. Da, sousa, f. B. De, cavalcanti, g. A., ... menezes, r. (2011). *Biologia e sistemática de fungos, algas e briófitas*, 67. Retrieved from file:///d:/2018/4 ano/projecto algas/pdf monografia/5-fungos_briofitas ciencias biologicas.pdf
14. Hogue, a. M., & pereira, m. A. (2003). *Marine biodiversity in sub-saharan africa : the known and the unknown* edited.
15. Khotimchenko, s. V. (1991). Fatty acid composition of seven sargassum, 30(8), 2639–2641. Retrieved from [http://sci-hub.tw/10.1016/0031-9422\(91\)85113-e](http://sci-hub.tw/10.1016/0031-9422(91)85113-e)
16. Lauritano, c., andersen, j. H., hansen, e., & albrigtsen, m. (2016). Bioactivity screening of microalgae for antioxidant , anti-inflammatory , antibacterial activities, 3, 3389. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00068>
17. Lee, r. E. (2008). *Psychology* (4 edition). Cambridge. Retrieved from http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/psychologylee_1395342784413494.pdf
18. Macartain, p., gill, c. I. R., brooks, m., campbell, r., & rowland, i. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds, 2007(december), 535–543. <https://doi.org/10.1301/nr.2007.dec.535>
19. Machado, s. D. I., cervantes, j. L., hernandez, l. J., & losada, p. P. (2004). Fatty acids , total lipid , protein and ash contents of processed edible seaweeds, 85, 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.001>
20. Mauricio, a., jacinto, l., serôdio, l., & clemente, m. (2010). *A s a l g a s n a n o s s a l i m e n t a ç ã o*, 1–10. Retrieved from <http://www.cienciaviva.pt/rede/oceanos/1desafio/trabalhos/algas na nossa alimentação.pdf>
21. Miyashita, k., mikami, n., & hosokawa, m. (2013). Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids: a review. *Journal of functional foods*, 5(4), 1507–1517. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.019>
22. Muacanhia,t.(2003).Versus degradation , 39–46. Retrieved from <http://www.oceandocs.org/bitstream/1834/410/1/5%2520tomas.pdf>
23. Noreen, a., amer-zareen, zaki, m. ., & abid, m. (2015). Effect of seaweed on population of verticillium chlamydosporium and control of root knot nematode on eggplant, 8. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/270450927_effect_of_seaweed_on_population_of_verticillium_chlamydosporium_and_control_of_root_knot_nematode_on_eggplant.
24. Oliveira, c. S. D. (2015). Universidade de aveiro departamento de química, 111. Retrieved from http://oasisbr.ibict.br/vufind/record/rcap_477305ce5ca3b85faa06d6e185d5f1d4

25. Paiva, I. S. (2013). Desenvolvimento de tecnologias de extração e de quantificação dos principais componentes nutricionais de macroalgas do litoral dos Açores tendo em vista o seu aproveitamento como suplemento alimentar. Lisete Sousa Paiva desenvolvimento de tecnologias de ex, 131.
26. Palanisamy, M., & Yadav, S. K. (2015). Distribution and diversity of seaweeds at Thikkodi, 25.
27. Pereira, I. (2007). As algas marinhas e respectivas utilidades. Departamento de Botânica (FCTUC) e pela Sociedade Broteriana., 19. Retrieved from https://www.google.com/search?q=pereira%2cI.+2007.+as+algas+marinhas+e+respectivas+utilidades.+departamento+de+botânica%3a+universidade+de+coimbra.&rlz=1c1chbd_pt
28. Pereira, I. (2014). A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds.
29. Pereira, I., & Correia, F. (2018). Da costa portuguesa macroalgas marinhas, 14. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/leonel_pereira/publication/322619611_algas_marinhas_da_costa_portuguesa_ecologia_biodiversidade_e_utilizacoes/links/5a632be30f7e9b6b8fd75f8e/algas-marinhas-da-costa-portuguesa-ecologia-biodiversidade-e-utilizacoes.pdf
30. Plaza, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2009). In the search of new functional food ingredients, 1–26. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/36023759.pdf>
31. Priyadarshani, I., & Rath, B. (2012). Commercial and industrial applications of microalgae – a review, 3(4), 89–100. Retrieved from <http://jalgalbiomass.com/paper14vol3no4.pdf>
32. Richmond, A. (2004). Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology, 302.
33. Silva, I. B. (2010). Diversidade de algas marinhas. Programa de pós-graduação em biodiversidade vegetal e meio ambiente programa de capacitação de monitores e educadores, 1(1), 11. Retrieved from http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/web/pdf/diversidade_algas_marinhas_ingrid_balesteros.pdf
34. Terasaki, M., Kawagoe, C., Ito, A., & Kumon, H. (2016). Spatial and seasonal variations in the biofunctional lipid substances (fucoxanthin and fucoesterol) of the laboratory-grown edible Japanese seaweed (Sargassum horneri Turner) cultured in the open sea. Saudi Journal of Biological Sciences, 8. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.009>
35. Thomsen, M. S., & Mcglathery, K. J. (2007). Stress tolerance of the invasive macroalgae *Codium fragile* and *Gracilaria vermiculophylla* in a soft-bottom turbid lagoon. Biological Invasions, 9(5), 499–513. <https://doi.org/10.1007/s10530-006-9043-3>

36. Ugc iip, u. De g. C. I. De investigacao p. (1999). Contribuição para o estudo do ambiente marinho e costeiro da ilha de moçambique : uma proposta de gestão, 56. Retrieved from http://www.zonascosteiras.gov.mz/img/pdf/1999.2_full_text.pdf
37. Vidotti, e. C., & rolleberg, m. D. C. E. (2004). Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Quim. Nova* (vol. 27). Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n1/18822.pdf>
38. Wells, m. L., potin, p., craigie, j. S., raven, j. A., merchant, s. S., helliwell, k. E., ... brawley, s. H. (2016). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding, (1), 34. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
39. Werger, m. J. A. (1978). *Biogeography and ecology of southern africa* - google livros. <https://doi.org/10.1007/978-009-9951-0>

9. Anexos

Anexo I: Teores de Lipídios Totais, Polissacarídeos e Minerais em Macroalgas Marinhas.

Tabela 2: Os teores de Polissacarídeos em (%) das macroalgas

<i>Macroalgas</i>		
Chlorophyta		(%) Polissacarídeos
1	<i>Halimeda tuna</i>	21±0.04
2	<i>Chamaedoris delphinii</i>	21±0.07
3	<i>Valónia utricularis</i>	25±0.03
4	<i>Conidium compendium</i>	31±0.03
5	<i>Ulva rigida</i>	32±0.13
Phaeophyta		(%) Polissacarídeos
1	<i>Sarganssum elegans</i>	27±0.03
2	<i>Sarganssum muticum</i>	39±0.09
3	<i>Padina pavonica</i>	24±0.07
Rhodophyta		(%) Polissacarídeos
1	<i>Osmundea pinnatifida</i>	23±0.03
2	<i>Ptilophora sp</i>	38±0.09
3	<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	26±0.10
4	<i>Jania adhaerens</i>	22±0.04
5	<i>Liagora ceranoides</i>	27±0.08
6	<i>Amphiroa anceps</i>	39±0.06

Valores médios de n=3

Tabela 3: Os teores de Lípidos Totais em (%) das macroalgas

<i>Macroalgas</i>

Chlorophyta		(%) Lipidos Totais
1	<i>Halimeda tuna</i>	2.17±0.08
2	<i>Chamaedoris delphinii</i>	2.75±0.5
3	<i>Valónia utricularis</i>	2.56±0.5
4	<i>Conidium compendium</i>	9.16±0.09
5	<i>Ulva rigida</i>	4.41±0.5
Phaeophyta		(%) Lipidos Totais
1	<i>Sarganssum elegans</i>	5.82±0.5
2	<i>Sarganssum muticum</i>	6.07±0.5
3	<i>Padina pavonica</i>	2.29±0.3
Rhodophyta		(%) Lipidos Totais
1	<i>Osmundea pinnatifida</i>	1.65±0.5
2	<i>Ptilophora sp</i>	2.13±0.7
3	<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	5.57±0.3
4	<i>Jania adhaerens</i>	2.48±0.5
5	<i>Liagora ceranoides</i>	5.59±0.5
6	<i>Amphiroa anceps</i>	4.35±0.6

Valores médios de n=3

Tabela 4: Os teores de Minerais em (%) das Chlorophyta

Orde	Elemento	Análise elementar EDXRF (teores em %)
------	----------	---------------------------------------

m	s	Chlorophyta					
		<i>Chamae dorisdel phinii</i>	<i>Codium prostatu m</i>	<i>Halimeda cuneata</i>	<i>Laurenc ianatalu m</i>	<i>Liagora divarica rta</i>	<i>Pseudocodiumdevri esci</i>
1	K	5.253	6.024	0.937	19.109	0.267	3.327
2	Ca	34.486	9.595	72.038	26.528	91.812	13.630
3	Cl	10.128	69.294	n.d	28.114	1.864	51.053
4	S	2.833	7.823	n.d	10.742	0.725	12.739
5	Si	35.775	3.052	5.904	9.066	2.305	3.881
6	Fe	4.728	1,694	2.413	1.641	0.363	1.879
7	Br	0.153	0.328	1.353	3.437	0.054	2.774
8	Sr	0.170	0.084	1.513	0.212	2.480	0.207
9	P	n.d	0.552	n.d	0.007	n.d	0.175
10	Ti	2.254	n.d	0.423	0.283	0.086	n.d
11	Mn	0.092	0.049	0.035	0.034	n.d	n.d
12	Zr	0.312	0.050	n.d	0.131	n.d	0.032
13	Cu	0.038	0.051	0.062	0.053	0.043	0.107
14	Rb	0.007	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
15	Zn	0.007	0.006	0.010	0.009	n.d	0.016
16	Cr	0.020	0.025	n.d	n.d	n.d	n.d
17	Br	0.153	0.328	1.353	n.d	n.d	n.d
18	Al	3.745	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
19	I	n.d	n.d	n.d	0.625	n.d	1.652

* n.d. = não detectado, **material não quantificável.

Tabela 5: Os teores de Minerais (%) das Phaeophyta

Orde m	Elemento s	Análise elementar EDXRF (teores em %)		
		Phaeophyta		
		<i>Dictyocta suhrii</i>	<i>Sargassum elegans</i>	<i>Rhizochoniu msp</i>
1	K	28.498	23.073	1.568
2	Ca	27.077	36.492	4.474
3	Cl	25.015	18.058	3.644
4	S	9.941	12.650	5.645

Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais).

5	Si	7.331	5.136	5.561
6	Fe	1.037	1.459	1.821
7	Br	0.397	0.315	0.274
8	Sr	0.202	2.621	0.033
9	P	0.153	n.d	0.057
10	Ti	0.139	n.d	0.119
11	Mn	0.084	0.054	0.025
12	Zr	0.049	n.d	0.014
13	Cu	0.045	0.099	0.032
14	Rb	0.014	0.020	n.d
15	Zn	0.006	0.013	0.010
16	Cr	n.d	n.d	0.012
17	Br	n.d	0.315	n.d
18	Al	n.d	n.d	n.d
19	I	n.d	n.d	n.d

* n.d. = não detectado, **material não quantificável.

Tabela 6: Os teores de minerais em (%) das Rhodophytas

Orde m	Elemento s	Análise elementar EDXRF (teores em %)					
		Rhodophyta					
		<i>Trematoc arpus flabellatu s</i>	<i>Hypneas pecifera</i>	<i>Jania adherensi s</i>	<i>Cheilospor umsagitatu m</i>	<i>Galaxaura corymbifer a</i>	<i>Gracilariasali cornia</i>
1	K	10.486	38.362	1.598	0.961	8.508	35.837
2	Ca	58.990	8.045	85.272	85.074	50.513	6.263
3	Cl	18.929	40.510	1.623	0.901	28.636	51.595
4	S	3.992	7.503	1.395	0.673	3.385	n.d
5	Si	4.757	3.063	7.539	10.430	4.483	0.838
6	Fe	1.154	1.164	1.467	1.022	2.103	0.370
7	Br	0.120	0.385	0.207	0.088	0.148	0.290
8	Sr	1.324	0.051	0.593	0.617	1.054	0.044
9	P	n.d	0.395	n.d	n.d	n.d	0.329
10	Ti	0.216	0.309	0.203	0.145	0.865	0.048
11	Mn	0.034	0.043	0.046	0.026	0.038	0.013

Análises quantitativas da composição nutricional (Polissacarídeos, Lípidos totais e Minerais).

12	Zr	n.d	0.086	n.d	n.d	0.114	0.004
13	Cu	0.047	0.037	0.053	0.051	0.038	0.028
14	Rb	0.005	0.010	n.d	0.010	n.d	0.020
15	Zn	0.006	0.006	0.005	n.d	0.05	0.003
16	Cr	n.d	n.d	n.d	n.d	0.109	n.d
17	Br	0.120	n.d	n.d	0.088	0.148	0.290
18	Al	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
19	I	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.391

* n.d. = não detectado, **material não quantificável.

Anexo II: Testes estatísticos de comparação de médias para determinar se houveram diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) nos valores de lípidos e polissacarídeos.

Tabela 7: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Chlorophytas mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	100.597	4	25.149	81.356	.000
Within Groups	3.091	10	.309		
Total	103.689	14			

Tabela 8: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Phaeophytas mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.815	2	13.408	29.986	.001
Within Groups	2.683	6	.447		
Total	29.498	8			

Tabela 9: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Lípidos Totais no grupo das Rhodophytas mostrou que houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	46.751	5	9.350	18.198	.000
Within Groups	6.166	12	.514		
Total	52.917	17			

Tabela 10: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Chlorophytas mostrou que não houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.031	4	.008	1.580	.254
Within Groups	.049	10	.005		
Total	.080	14			

Tabela 11: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Phaeophytas mostrou que não houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.037	2	.019	4.547	.063
Within Groups	.025	6	.004		
Total	.062	8			

Tabela 12: A análise estatística realizada utilizando ANOVA na comparação de médias de Polissacarídeos no grupo das Rhodophytas mostrou que não houve uma diferença significativa ($p < 0,05$).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.

Between Groups	.078	5	.016	3.082	.051
Within Groups	.061	12	.005		
Total	.139	17			

Anexo III: Material, Reagentes e Equipamento usado para a extração de lipídios por soxhlet

a) Material

- Estufa;
- Balança analítica;
- Dessecador;
- Balão de fundo chato;
- Pinça;
- Espátula;
- Evaporador rotativo;
- Espectrofotômetro (UV – 1800 shimadzu) a 490 nm;
- Energy Dispersive X-ray Fluorescence, EDXRF, Shimadzu 7000, Japan.

b) Reagentes:

- Água destilada;
- Ácido sulfúrico;
- Carbonato de sódio;
- Fenol;
- Ácido clorídrico;
- Glucose;
- Clorofórmio;
- Etanol;

c) Equipamento extrator de lípidos por Soxhlet;

- Papel filtro;
- Papel A4
- Cartucho de celulose;
- Banho termostaticado;
- Cornetas de Soxhlet (também conhecidas como balão de Soxhlet);
- Condensador;
- Mangueiras de circulação de água;
- Frasco de reagentes para coleta do Etanol.