

LAÍS MARTA PEREIRA

**Biodiversidade de algas marinhas arribadas na  
praia de Candeias-PE e avaliação do potencial como  
substrato para cultivo de hortaliças microverdes**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração em Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2023

LAÍS MARTA PEREIRA

**Biodiversidade de algas marinhas arribadas na  
praia de Candeias-PE e avaliação do potencial como  
substrato para cultivo de hortaliças microverdes**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração em Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. MUTUE TOYOTA FUJII

COLABORADOR: DR. FABIO NAUER

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECAS E MAPOTECAS**

P436b Pereira, Laís Marta  
Biodiversidade de algas marinhas arribadas na praia de Candeias-PE e  
Avaliação do potencial como substrato para cultivo de hortaliças microverdes /Laís  
Marta Pereira - - São Paulo, 2023.  
59p.; il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Pesquisas Ambientais da Secretaria de  
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, 2023.  
Bibliografia.

1. Biofertilizante. 2. Germinação de sementes. 3. Horta comunitária. I. Título.

CDU: 582.26

## Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu Deus por sempre estar ao meu lado.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal em Meio Ambiente – PGBVMA, pela oportunidade de desenvolver o presente estudo, além das inúmeras oportunidades de aprendizado oferecidas, e ao CNPq pela bolsa de mestrado.

Aqui destaco um agradecimento especial à minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Mutue, que me estendeu a mão, me apoiou e me fez crescer, me permitiu sonhar, muito obrigada profe!

Agradeço ao Dr. Fabio Nauer por toda colaboração e compreensão, e apoio nos momentos que mais precisava.

Meus sinceros agradecimentos à Professora Adilma, e aos meus colegas do departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, gratidão por terem aberto as portas de sua instituição para me apoiar.

Também agradeço ao Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação, à equipe de Biotecnologia, em especial a Pr<sup>a</sup> Fabiola que mesmo em meio às suas pesquisas, colaborou comigo sempre que possível, e à equipe do LABE (Laboratório de Análises Biológicas e Ecotoxicologia), coordenado pela Pr<sup>a</sup> Maristela Casé, gratidão pelos conselhos e orientações, não apenas para a vida acadêmica.

Não posso esquecer de agradecer a minha rede de apoio, fora da academia, a minha família e amigos que muitas vezes foram meus “estagiários”, na realização das coletas, gratidão pela compreensão e paciência.

Dedico meus últimos, mas não menos importantes, agradecimentos a todo Centro Escola Mangue, a diretora da instituição e a todas as crianças, vocês me ensinaram tanto quanto eu poderia ensinar algo a vocês, espero ter deixado uma marca em seus corações, vocês vão longe!

## RESUMO

As macroalgas arribadas, ou sargaço, como são popularmente conhecidas na região nordeste, resultam principalmente da turbulência do mar, causada pela ação das correntes, ventos e marés. No Brasil, a ocorrência de macroalgas arribadas é frequente, principalmente na região nordeste, incluindo Pernambuco. Essas algas são tratadas como um ônus para o turismo e para as coletas seletivas municipais. No entanto, possuem grande potencial de aproveitamento para diversos segmentos, inclusive na agricultura como biofertilizante. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar as algas arribadas recorrentes na praia de Candeias-PE e utilizá-la como substrato para o cultivo de hortaliças conhecidas como microverdes. Foram realizadas coletas quali-quantitativas realizadas durante o período seco, dos anos de 2021 e 2022, resultando na identificação de 24 gêneros, sendo 6 Phaeophyceae (Ochrophyta), 12 Rhodophyta e 6 Ulvophyceae (Chlorophyta). Em ambas as coletas foi possível observar a floração de algas verdes filamentosas, responsáveis por 31% de toda a biomassa coletada. No entanto, Rodophyta foi responsável pela maior diversidade. Para a realização dos experimentos, os materiais foram tratados no formato de farinha de algas e no formato de extrato líquido. A análise de macros e micronutrientes demonstraram os elementos, Boro, Ferro e Manganês como os mais significativos. Após testes preliminares de crescimento vegetal, os resultados mais satisfatórios foram obtidos nas concentrações de 5g/L e 6g/L (algas/água de torneira), apresentando em 87% e 81% de sementes germinadas e bem desenvolvidas, respectivamente. Com base neste resultado e reaproveitando o bagaço da alga após a extração, formulou-se um substrato denso considerado satisfatório para o cultivo de hortaliças. Paralelamente, um projeto piloto de cultivo de hortaliças em ambiente urbano, utilizando macroalgas arribadas como bioestimulante, foi implantado em uma comunidade do Recife. Ao fim observou-se que as macroalgas apresentaram alto potencial de reaproveitamento como bioestimulante não apenas para as hortaliças microverdes, como também para as hortaliças de maior porte.

Palavras-chave: biofertilizante, germinação de sementes, horta comunitária, substrato de algas.

## **ABSTRACT**

Beach-cast seaweeds, or sargasso, as they are popularly known in the northeast region, result mainly from the turbulence of the sea, caused by the action of currents, winds and tides. In Brazil, the occurrence of beach-cast seaweeds are frequent, mainly in the northeast region, including Pernambuco. These algae are treated as a burden for tourism and municipal selective collections. However, they have great potential for use in several segments, including agriculture as a biofertilizer. This study was developed with the objective of identifying the recurrent seaweed thrown on the beach of Candeias-PE and using it as a substrate for the cultivation of vegetables known as microgreens. Quali-quantitative collections were carried out during the dry season, in the years 2021 and 2022, resulting in the identification of 24 genera, 6 Phaeophyceae (Ochrophyta), 12 Rhodophyta and 6 Ulvophyceae (Chlorophyta). In both collections it was possible to observe the bloom of filamentous green algae, responsible for 31% of all collected biomass. However, Rodophyta was responsible for the greatest diversity. To carry out the experiments, the materials were treated in the form of seaweed flour and in the form of liquid extract. The analysis of macros and micronutrients showed the elements, Boron, Iron and Manganese as the most significant. After preliminary plant growth tests, the most satisfactory results were obtained at concentrations of 5g/L and 6g/L (algae/tap water), with in 87% and 81% of germinated and well-developed seeds, respectively. Based on this result and reusing the seaweed bagasse after extraction, a dense substrate considered satisfactory for the cultivation of vegetables was formulated. At the same time, a pilot project for the production of vegetables in an urban environment, using arrived macroalgae as a biostimulant, was implemented in a community in Recife, At the end, it was observed that macroalgae had a high potential for reuse as a biostimulant not only for microgreen vegetables, but also for larger vegetables.

**Keywords:** biofertilizer, seed germination, community garden, algae substrate.

## Índice de Figuras

- Figura 1.** Mapa da localização da praia de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes, local de coleta das algas arribadas durante os anos de 2021 e 2022. 10
- Figura 2.** A- Extensão da praia de Candeias-PE coberta com algas arribadas, mostrando o posicionamento do transecto. B- Saco zip-lock com a biomassa de algas arribadas já previamente lavada e pronta para levar ao laboratório. 11
- Figura 3.** A- Processo de triagem, separação e identificação das algas arribadas coletadas. B- Estufa de secagem e esterilização, utilizada no processo de secagem das algas arribadas. 12
- Figura 4.** Liquidificador industrial com capacidade de até 2 L, e velocidade de 2.000rpm, usado como ferramenta para triturar as algas desidratadas. 13
- Figura 5..** Sementes de microverdes comerciais. Na imagem é possível observar uma variedade de cores e formas de microverdes. No presente estudo, apenas sementes de rúculas foram utilizadas. 14
- Figura 6.** A- Preparação de amostras nas concentrações de 10g, 50g e 100g de farinha de algas. B- Fertilizante industrial à base de algas da marca Plantaefert utilizado como controle positivo nos testes. C- Processo de pesagem dos sólidos, na imagem mostra o peso 15
- Figura 7.** A- Disposição das amostras e suas repetições na estante com a influência direta da luz artificial. B- Preparo das amostras no laboratório. 16
- Figura 8..** Mapa da localização do Centro Escola Mangue, em primeiro plano, no município de Recife, PE, onde foi implementado o projeto para promoção de horta comunitária antado. Em destaque o município de Recife, em azul. 17
- Figura 9.** Estudantes do Centro Escola Mangue durante a ministração de uma das aulas realizadas para o reconhecimento da importância de se ter uma boa alimentação. 18
- Figura 10.** Confeção, montagem e ornamentação da horta comunitária instalada nas comunidades do Centro Escola Mangue, sendo ornamentada e cuidada pelos próprios estudantes. 20

**Figura 11.** Gêneros (kg) de algas arribadas encontradas na praia de Candeias, no período seco, em 2021 e 2022. Os números representados em cada barra são referentes ao número de espécies coletadas. 22

**Figura 12..** Diversidade de Phaeophyceae encontrada arribadas na praia de Candeias, no período seco, em 2021 e 2022. A- *Sargassum sp.* B- *Padina sp.* C- *Lobophora sp.* D- *Sargassum sp.* E- *Dictyopteris sp.* F- *Dctyota sp.* Escala: 5 cm 23

**Figura 13.** Representantes de Rhodophyta encontrados nas algas arribadas na praia de Candeias, PE, no período seco, em 2021 e 2022. A- *Cryptonemia sp.* B- *Amansia sp.* C- *Centroceras sp.* D *Hypnea sp.* .E-f *Gracilaria sp.* G *Botryocladia sp.*; *Gelidium sp.* H-L *Alcidium sp.* 5 cm (B,C,D,F,G) 1cm (A, E,H) 24

**Figura 14.** Representantes de Ulvophyceae encontrados nas algas arribadas na praia de Candeias, durante o período seco de 2021 e 2022. A- *Caulerpa racemosa* B- *Bryopsis sp.* C- *Caulerpa sp.* D- *Dictyosphaeria sp.* E-*Udotea sp.* F- *Ulva sp.* Escalas: 5 cm (A,C,D,E); 1cm (B) 25

**Figura 15.** Comparação entre as porcentagens de germinação, utilizando o extrato líquido em solo neutro, as barras em azul representam as variações com influência direta da luz e as barras em laranja sem a influência direta da luz, os (\*) estão sob as barras com representam os melhores resultados em suas semelhanças. 29

**Figura 16.** Comparação entre os índices de germinação (%) utilizando a farinha de algas em solo neutro. A cor azul representa os testes realizados com influência da luz e a cor laranja representa os testes sem influência direta da luz. Os (\*) representam os melhores resultados em suas semelhanças. 29

**Figura 17.** A- Primeiro dia de “plantio” das sementes de microverdes de rúcula no papel de filtro com a concentração de 1g/L de extrato. B- Após dez dias de “plantio”. 31

**Figura 18.** Apresentação da resposta germinativa dos microverdes em meio ao extrato líquido feito com a base das algas arribadas coletadas. 32

**Figura 19.**Índice de germinação referente ao terceiro teste feito com o extrato líquido de algas arribadas em solo neutro, onde L/L é referente às replicatas expostas a luz e L/E as replicatas não expostas a luz. As barras com (\*) representam valores estatisticamente. 33

**Figura 20.** Comparação entre o crescimento e a germinação com cada uma das concentrações, no primeiro gráfico é possível observar que a concentração de 10g/l o crescimento do quale foi proporcional ao número de semetes germinadas, no segundo gráfico é possível observar que as concentrações de 6 e 7 g/l o crescimento e a germinação foram proporcionais 34

**Figura 21.**A- Primeiros testes da espuma agrícola a base de algas, semeada e na estufa. B- Alguns elementos usados durante a criação dos primeiros exemplares da espuma agrícola, como argila, alginato entre outros 35

**Figura 22.**Resultado do experimento, com a produção de uma espuma agrícola, feita à base de mix de algas arribadas. Nas imagens representativas foram cultivadas sementes de rúcula (microverdes), com 10 dias de plantio. Figura A representa as sementes em processo da espuma. 36

**Figura 23.**Gráficos com a média das respostas recolhidas nos questionários realizados pelos estudantes do Centro Escola Mangue, os números inseridos em cada coluna representam os números de indivíduos que marcaram a opção, (N=12 entrevistados). 38

**Figura 24.**Estudantes do Centro Escola Mangue durante a visita às instalações do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação na imagem podemos observar o interesse dos estudantes ao terem seus primeiros contatos com microscópios. 39

**Figura 25.**Um aluno do Centro Escola Mangue, colhendo as primeiras folhas de alface plantadas na horta. 39

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> Lista das macroalgas arribadas identificadas na praia de Candeias, PE, durante o período seco de 2021 e 2022	16
<b>Tabela 2.</b> Macro e micronutrientes expressos em gramas por quilo de mix de macroalgas coletadas em Candeias PE, no período seco de 2021 e 2022. Os elementos B e Fe se destacam pelos valores apresentados.	21
<b>Tabela 3.</b> Análise de Variância ANOVA para o teste feito com farinhas de algas em solo neutro	25
<b>Tabela 4.</b> Análise de variância ANOVA para o teste feito com extrato líquido de algas arribadas em papel filtro	25

## Índice de Siglas

ATP- Trifosfato de adenosina

Cm<sup>2</sup> - Centímetro quadrado

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

g - Gramas

g/l<sup>-1</sup> – Gramas por litro

GASB- Great Atlantic Sargassum Belt

IBAMA – Instituto Brasileiro De Meio Ambiente E Recursos Naturais Renováveis

IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Km - Quilômetros

M<sup>2</sup> - Metro quadrado

NADH – Nucleotídeo de nicotinamida adenina

ODS – Objetivos de desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações unidas

RPM- Rotação por minuto

## Sumário

Índice de Figueras	V
Índice de Siglas	X
1. Introdução	1
<b>1.1. Macroalgas marinhas</b>	1
<b>1.2. Macroalgas arribadas</b>	1
<b>1.3. Ocorrência de algas arribadas no litoral brasileiro</b>	3
<b>1.4. Importância econômica da biomassa de algas arribadas</b>	4
<b>1.5. Algas arribadas como uma alternativa socioambiental</b>	5
2. Objetivos	7
<b>2.1 Objetivo geral:</b>	7
<b>2.2 Objetivos específicos:</b>	7
3. Material e Métodos	8
<b>3.1. Área de estudo</b>	8
<b>3.2. Coleta de macroalgas arribadas</b>	8
<b>3.3. Preparo de farinha de algas (mix de algas arribadas desidratadas e trituradas)</b>	10
<b>3.4 Ensaio de germinação e desenvolvimento das hortaliças</b>	12
4. Resultados e discussão	15
<b>4.1. Diversidade de macroalgas arribadas</b>	15
<b>4.2. Avaliação da germinação e desenvolvimento de microverdes</b>	23
<b>4.3. Preparo do substrato à base de algas</b>	30
<b>4.4. Ação social para promoção de hortas comunitárias em área urbana vulnerável</b>	32
5. Conclusão:	39
Referência bibliográfica	41

# 1. Introdução

## 1.1. Macroalgas marinhas

No ambiente marinho, os principais organismos fotossintetizantes macroscópicos são as macroalgas, representadas por Ulvophyceae (Chlorophyta), Phaeophyceae (Ochrophyta) e Rhodophyta. Trata-se de um grupo artificial formado por diferentes filos e características que os diferenciam, tais como: coloração, tipo de pigmentos fotossintetizante, estrutura do cloroplasto, tipo de material reserva, presença ou não de flagelos, organização do talo (Lee 2018).

Algas bentônicas são fundamentais nos ambientes marinhos como produtoras primárias, fazendo parte da base da cadeia alimentar, ciclagem de nutrientes, além de proverem habitats biogênicos para diversos organismos e desempenharem importante papel como bioconstrutores nas formações recifais (Phang et al. 2010).

As macroalgas também atuam como bioindicadoras e biofiltradoras (Santos et al. 2006, Carneiro et al. 2011, Areces-Mallea et al. 2015, Vasconcelos et al. 2019), no controle de erosões, refúgio de organismos marinhos, dissipador de matéria e energia, controle biológico, fornecimento de recursos genéticos, resiliência pós estresse e segurança alimentar que serve como base para o modo de vida de algumas comunidades litorâneas (Lima et al. 2014, Loya et al. 2019).

Esses habitats costeiros são ecossistemas altamente produtivos que contribuem para o sequestro de carbono global (Duarte & Krause-Jensen 2017). Os cálculos sugerem que 25% do carbono exportado por macroalgas, é sequestrado em reservatórios a longo prazo, como sedimentos no mar profundo (Krause-Jensen & Duarte 2016).

Alguns fatores podem influenciar de forma direta na composição, distribuição e abundância das macroalgas ao longo da costa, como a temperatura, clareza da água, nutrientes e correntes, fatores esses que, geralmente são influenciados por ações como,

mineração, derramamento de óleo, sedimentação, acidificação dos oceanos e a inserção de espécies invasoras. (Heather L. et al, 2019).

## 1.2. Macroalgas arribadas

Arribadas de macroalgas é um fenômeno natural onde as algas são arrancadas de seus substratos pelas fortes ações de ondas, correntes e marés, e a biomassa flutuante é levada até as praias durante as marés cheias e ficam depositadas sobre a areia (Brito et al. 2018).

Em face às diversas intervenções antrópicas e ações das mudanças climáticas globais, as tempestades tropicais têm se intensificado e contribuído para a ocorrência mais frequente de algas arribadas nas praias (Wang et al.2019).

O acúmulo da biomassa de algas na praia, principalmente nas marés de sizígia, é o motivo pelo qual muitas algas não voltam mais para o mar, e com o passar do tempo, essa biomassa entra em decomposição e exalam odores desagradáveis gerado pelo gás sulfídrico, o que por sua vez, pode afetar diretamente o turismo local (Ferreira 2020).

Recentemente, foi relatada a maior proliferação de arribadas de macroalgas ao longo do oceano Atlântico tropical, atribuída às espécies pelágicas da alga parda, *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon e *S. fluitans* (Børgesen) Børgesen, que vem acontecendo de maneira recorrente (Wang et al. 2019).

Historicamente, essas espécies pelágicas de alga parda são formadas e estabelecidas no Mar de Sargaço, e as massas flutuantes estão contidas dentro do giro subtropical do Atlântico Norte, delimitado pela Corrente Norte Equatorial, Corrente das Antilhas e a Corrente das Canárias. (Laffoley et al. 2011).

Uma das principais hipóteses aponta para o aumento de nutrientes e a variação de temperatura da superfície da coluna d'água como fatores que podem ter contribuído para uma mudança de abundância das macroalgas marinhas.

O aumento de nutrientes por meio de fenômenos como ressurgências equatoriais, depósitos de poeira atmosférica deslocados do continente africano, transporte de nutrientes pela circulação oceânica, aumento na descarga de nutrientes vindos de grandes rios que desembocam na zona equatorial do Atlântico, principalmente o Rio Amazonas, podem ter afetado e alterado as condições locais, assim, contribuindo e favorecendo o desenvolvimento de algas pardas no GASB (Great Atlantic Sargassum Belt) e conseqüentemente, o aumento de ocorrência massiva de arribadas nas praias (Wang et al. 2019, Johns et al. 2020).

Da mesma forma, grandes massas de *Sargassum* já foram registradas no norte e nordeste do Brasil em julho de 2011 (Széchy et al. 2012) e novamente em 2014 e 2015 (Sissini et al. 2017).

### **1.3. Ocorrência de algas arribadas no litoral brasileiro**

Em contraste com as espécies pelágicas do GASB (Great Atlantic Sargassum Belt), as algas arribadas encontradas no litoral brasileiro são bentônicas, frequentemente fixas aos rodólitos, que ocorrem naturalmente no infralitoral. Na plataforma continental do norte-nordeste até a extensão do sudeste do Brasil, são encontradas grandes quantidades de depósitos de algas vermelhas calcárias incrustantes, que são utilizadas como fonte de matéria prima em diversas aplicações (Dias 2001).

Cavalcanti et al. (2022) registraram cerca de 110 espécies de macroalgas arribadas nas praias do Piauí, Ceará, Pernambuco e Espírito Santo. Ainda no estado do Ceará, Brito et al. (2022), coletaram a biomassa de macroalgas arribadas na praia do Pacheco, a fim de observar o estresse da salinidade nas plântulas de girassol quando utilizadas como fertilizante natural.

A ocorrência das algas arribadas na costa brasileira é cada vez mais frequente, com maiores volumes e maior abrangência de áreas. Vila Nova et al. (2014) analisaram o potencial de reaproveitamento das algas arribadas nas praias de Maceió, AL, como fonte nutricional no cultivo de mudas de moringa.

Santos et al. (2013), ao realizarem um levantamento qualitativo das algas arribadas encontradas em praias do litoral baiano, entre os anos de 2007 e 2010, obtiveram os incríveis resultados de 123 táxons identificados, distribuídos em 58 gêneros. Silva Júnior (2023), ao estudar as algas arribadas em duas praias do litoral de Pernambuco, identificou 41 gêneros. Cavalcanti & Fujii (2021a) destacam grandes volumes de biomassa nas praias dos estados do Ceará, Pernambuco e Espírito Santo, assim como no levantamento feito por Ferreira et al. (2020), no litoral do Rio Grande do Norte.

Na região sul do Brasil, podemos destacar os trabalhos como os de Rosa & Garcia (2013), que realizaram estudo entre os anos de 2005 a 2012 em Pelotas, RS, e observaram o crescente aumento de algas verdes na região durante os anos; ocorrência que foi diretamente associada ao processo de eutrofização na região.

#### **1.4. Importância econômica da biomassa de algas arribadas**

No Brasil, a exploração de algas já representava fator de importância econômica para as comunidades costeiras da região nordeste desde a década de 70, sendo possível, para as comunidades locais obtiveram renda através de sua “colheita” (Bezerra 2008).

Porém com o passar dos anos e o aumento da procura, resultou no empobrecimento desse material. Estudos realizados comprovam que o tamanho das algas e sua biomassa por área, comprometem o potencial econômico para a região brasileira (Santos 2015).

Porém, em todo o país há relatos de trabalhos que buscam novas formas de utilização dessa matéria prima, como para a produção de metano em reatores anaeróbicos e na produção de hidrogênio a partir de algas arribadas utilizando pré-hidrólise (Araújo & Amorim 2019). Algas também são fontes potenciais para a obtenção de extratos com propriedades antioxidantes, ricos em compostos fenólicos e carboidratos sulfatados (Harb et al. 2021).

No entanto, comumente essa biomassa é descartada em aterros sanitários mesmo havendo leis que orientam as autoridades a buscarem formas de reutilização desta rica

biomassa, como destacado no Art. 4º da Instrução Normativa nº 89 de 02/0/2006 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Este determina que, nas proximidades de empreendimentos turísticos, por solicitação das Prefeituras Municipais, poderá ocorrer a remoção de algas arribadas que se acumulam nas praias, mediante aprovação de plano de destinação útil à biomassa de alga removida (IBAMA).

A principal importância econômica das macroalgas é como recurso natural renovável, tendo posição de destaque na alimentação humana direta e/ou indireta, graças às suas ricas fontes de bioativos e quantidades significativas de proteínas, vitaminas e minerais, chamando atenção dos diversos segmentos industriais como os farmacêuticos, cosméticos, agrônômicos e culinários (Maia et al. 2020, Nauer & Lopes Filho 2017).

Elas possuem uma grande quantidade de nitrogênio, potássio e cálcio, o que possibilita a sua utilização como fertilizante natural, como já se praticam há séculos. Como as plantas terrestres, o conteúdo nutricional das macroalgas pode variar muito entre espécies, gêneros, divisões, estações do ano e local (Wan et al. 2018).

Pensando nisso, Furtado et al. (2017), apontam para a compostagem por ser uma técnica benéfica para o meio ambiente, pois contribuem significativamente para a redução da quantidade de lixo, destinado aos aterros, promovendo sua valorização uma vez que gera adubo orgânico, promovendo reciclagem de nutrientes e melhorias para o solo.

A crise ambiental contemporânea é, portanto, o resultado da utilização indiscriminada dos recursos naturais pelo homem, sem os devidos cuidados com a conservação do meio ambiente e com a preservação destes recursos para as futuras gerações (Ferreira et al. 2020).

No momento em que há uma demanda crescente por insumos e alimentos e ao mesmo tempo um declínio acentuado dos recursos naturais, as macroalgas arribadas são fontes ainda pouco exploradas. Dentro deste contexto, a utilização das macroalgas para a

produção de adubo é uma das formas mais adequadas para o seu reaproveitamento (Vila Nova et al. 2014).

### **1.5. Algas arribadas como uma alternativa socioambiental**

O desenvolvimento sustentável deve ser uma consequência do desenvolvimento econômico, social e de preservação (Barbosa, 2008). De acordo com Stake (1991), o desenvolvimento para ser sustentável precisa levar em consideração fatores sociais, econômicos e ecológicos, e esses fatores podem ser parte de um processo com grande potencial de exploração presente e futuro.

A perspectiva mundial de crescimento populacional indica aumento acelerado e contínuo nas próximas décadas, o que deve aumentar a demanda geral por alimentos. A Organização das Nações Unidas (ONU) (2019), espera um aumento de 2 milhões de pessoas até o ano de 2050, principalmente nos países desenvolvidos, promovendo, conseqüentemente, o aumento das ofertas e demandas comercializáveis e a busca por alternativas de expansão de diversos setores.

### **1.6 Micro verdes**

As sementes de hortaliças utilizadas nos ensaios foram específicas para micro verdes, devido à sua rápida germinação. Micro verdes são brotos de hortaliças, colhidas para consumo dentro de 10 a 20 dias a partir do surgimento das primeiras folhas (Renna et al. 2018) e pode-se observar que eles possuem maior conteúdo de minerais, como: Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se, Mo, e uma menor concentração de  $\text{NO}_3^-$  quando comparados com a fase madura da mesma espécie (Pinto et al. 2015).

Além disso, os micro verdes contêm concentrações mais altas de ingredientes como antioxidantes, fenóis, vitaminas e minerais do que vegetais maduros ou sementes. Também são considerados alimentos funcionais por ser uma importante fonte de componentes bioativos (Santos, 2019).

Micro verdes podem ser cultivados tanto em ambientes internos, quanto externos ou controlados, em meio de cultivo sem solo, com ou sem a adição de substratos (Wiet et al. 2019). A colheita dos microverdes é realizada após o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras, quando os cotilédones estão totalmente expandidos (Xiao et al. 2016).

As espécies mais comuns comercializadas para a produção das microverdes são: couve-flor, brócolis, repolho, couve chinesa, couve, agrião, rabanete, rúcula, mostarda, alface, endívia, escarola, chicória, endro, cenoura, erva-doce, aipo, alho, cebola, alho-poró, amaranto, acelga, beterraba, espinafre, melão, pepino, abóbora, dentre outras (Di Goia et al. 2017).

### **1.7 Local de aplicação do estudo- Centro Escola Mangue**

O Centro Escola Mangue, situado na comunidade de Brasília Teimosa, está localizado na zona sul do Recife, entre os bairros do Pina, Boa viagem e área do Porto do Recife (Figura 19). A comunidade é caracterizada por uma linha contínua de recifes paralelas à costa e por ser uma das muitas áreas urbanizadas do estuário do rio Capibaribe (Prefeitura do Recife).

Segundo Gaspar (2006), a comunidade de Brasília Teimosa surgiu da ocupação, anteriormente como Areal Novo, destinada à implantação de um parque inflamável do Porto de Recife, o que não ocorreu e acarretou o litígio da área. Após muitas lutas e tentativas de expulsão a comunidade garantiu o direito de permanecer.

De acordo com o censo do IBGE (2010), a comunidade de Brasília Teimosa conta com 18.334 habitantes em uma área de 61 hectare<sup>2</sup>, representando uma densidade de 302,81 hab/hectare<sup>2</sup>, o que embasa a disputa de espaço, e a falta de um ambiente convencional para o cultivo de hortaliças.

Dentre os destaques do século XXI, um dos mais evidentes e preocupantes têm sido a fome e ou o desequilíbrio nutricional, o que Foladori (2018), caracteriza como as desigualdades socioambientais resultantes de uma organização social e econômica que se

respalda em excesso de produção e superconsumo para uns, e subconsumo e carência de condições por parte de muitos outros.

Pensando nisso Nunes et al. (2020), sugerem o uso da agroecologia como um modelo de produção de alimentos alternativos para o modo de produção atual, defendendo o direito de cada nação ou região a preservar e aperfeiçoar sua possibilidade de produzir colheitas de alimentos básicos com a variedade de cultivos equivalentes, sendo esse direito a base da soberania alimentar.

Ainda segundo Nunes et al. (2020), e Layrargues (2018), a utilização desses ambientes naturais em locais urbanos pode ser trabalhada de modo que tragam à discussão junto à sociedade e à natureza, uma crítica ao modo de vida sustentável, o que também permite a pesquisadores penetrarem nessas sociedades e desenvolverem técnicas agros sustentáveis com dependências mínimas de insumos agrícolas.

Visando esses dados preocupantes, a ONU em sua penúltima reunião (2015), atentou para a crescente preocupação com os desequilíbrios ambientais, e instituiu 12 objetivos para um melhor desenvolvimento sustentável em todo o planeta. Cada país participante se compromete a seguir e cumprir esses objetivos, dentro de sua realidade. No Brasil, o órgão responsável para coordenar os objetivos da ONU é o IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, que incluiu entre seus deveres, cinco novas metas, totalizando 17 metas a serem cumpridas até o ano de 2030.

Gostaria de destacar o segundo objetivo, cujas metas se embasam em acabar com a fome, a desnutrição e a insegurança alimentar no país, além de garantir alternativas mais sustentáveis para a agricultura nacional. Para que essas metas sejam cumpridas se faz necessária a colaboração de toda comunidade em conjunto com as ações políticas vigentes.

Ao observar a grande quantidade de biomassa encontrada em uma praia de Pernambuco e, buscando uma solução viável para sua utilização, pensou-se em criar um substrato com alto potencial de germinação e de baixo custo para fácil comercialização de

hortaliças, principalmente para que o cultivo fosse realizado nas comunidades de baixa renda. Acreditamos que as algas arribadas podem ser ricas fontes de nutrientes para o cultivo dessas hortaliças.

Assim, o presente trabalho propõe conhecer a diversidade de macroalgas arribadas na praia de Candeias, litoral de Pernambuco e avaliar o seu potencial como alternativa de substrato para cultivos *indoors* de hortaliças, especialmente os micro verdes, além de promover a reciclagem de nutrientes e redução do acúmulo das algas arribadas na localidade.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral:**

Identificar as macroalgas arribadas na praia de Candeias, PE, e o potencial de aproveitamento de sua biomassa como substrato para plantio de hortaliças micro verdes e em hortas urbanas inseridas na comunidade de Brasília Teimosa.

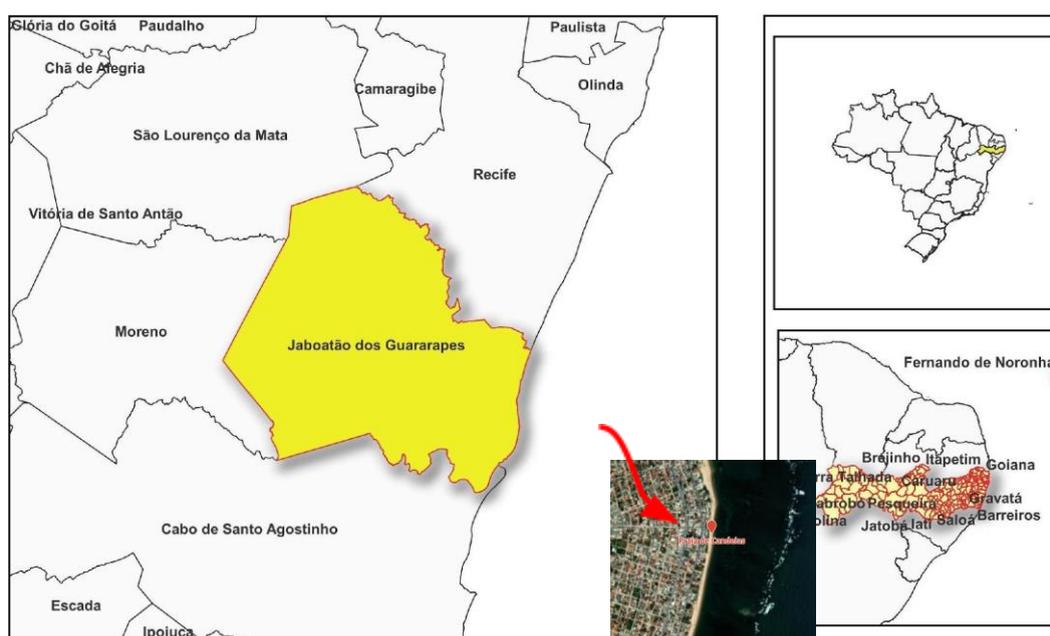
### **2.2 Objetivos específicos:**

1. Conhecer a diversidade de macroalgas arribadas na praia de Candeias, Jaboatão dos Guararapes, litoral sul de Pernambuco;
2. Avaliar o potencial das macroalgas arribadas como substrato alternativo para o cultivo de hortaliças, incluindo os microverdes;
3. Realizar um levantamento com os estudantes de uma comunidade local, acerca dos conhecimentos prévios sobre macroalgas arribadas e qualidade alimentar;
4. Promover a produção de alimentos saudáveis por meio de compartilhamento dos resultados de pesquisas com a comunidade local.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Área de estudo

A praia de Candeias localiza-se na região metropolitana do estado de Pernambuco, no bairro de Candeias pertencente ao município de Jaboatão dos Guararapes, localizado a 21,6 km de distância da capital, Recife (Figura 1). A praia possui 3 km de extensão e é conhecida por suas águas calmas e quentes, com média de 27 °C, um destino requisitado por turistas e moradores da região. Candeias é também um local de desova das tartarugas.



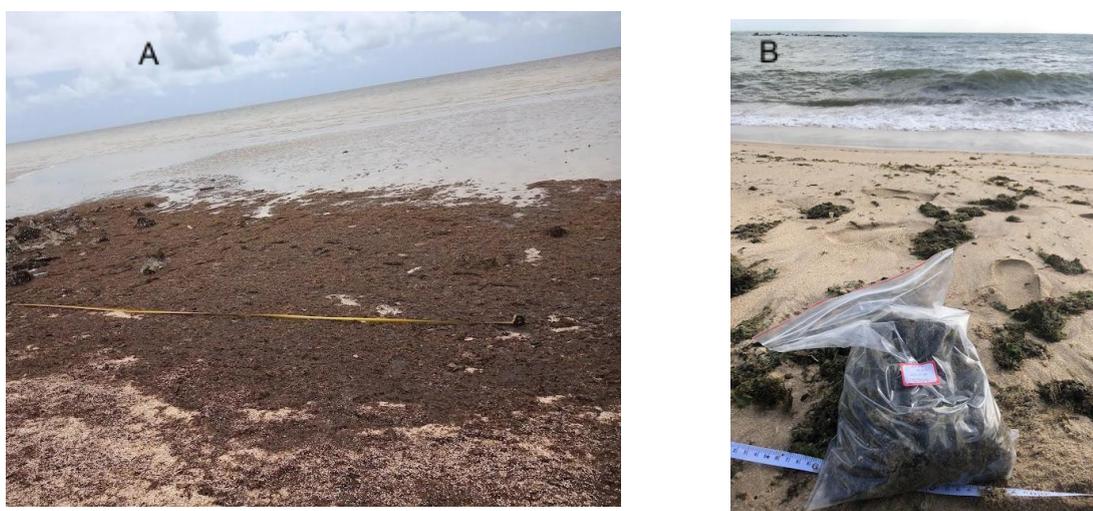
**Figura 1.** Mapa da localização da praia de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes, local de coleta das algas arribadas durante os anos de 2021 e 2022.

#### 3.2. Coleta de macroalgas arribadas

Foram realizadas duas coletas de macroalgas arribadas, nos anos de 2021 e 2022, ambas durante o período seco (março-agosto). Para realizar as coletas, se fez necessário observar os períodos de baixa-mar, esses dados foram retirados do site do centro de hidrografia da marinha brasileira. Para que se coletasse um número significativo de biomassa sem afetar o ambiente de coleta, foram posicionados 3 transectos de 10 m de extensão, posicionados linearmente. Em cada transecto, foram posicionados três quadrados amostrais medindo 1m x 1m. A posição dos quadrados amostrais foi determinada por meio de sorteio

prévio. Este procedimento foi repetido 3 vezes, totalizando 27 amostras por campanha (Figura 2 A e B).

De antemão, a biomassa de cada quadrado amostral passou por uma pré-lavagem com o auxílio de uma peneira em água do mar para retirar o excesso de areia e organismos acompanhantes. Cada quadrado amostral foi armazenado dentro de um saco plástico devidamente identificado e acondicionado em uma caixa térmica para conservação até a chegada ao laboratório, no IATI (Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação), em Recife.



**Figura 2.**A- Extensão da praia de Candeias-PE coberta com algas arribadas, mostrando o posicionamento do transecto. B- Saco zip-lock com a biomassa de algas arribadas já previamente lavada e pronta para levar ao laboratório.

No laboratório, as amostras foram lavadas 3 vezes com água corrente, separadas morfologicamente em nível de gênero (Figura 3A), e quando possível, em nível de espécie. A biomassa foi medida e exposta em temperatura ambiente, na sombra por um período de 24 horas, para diminuir o excesso de água. Após esse período, as algas seguiram para uma estufa de secagem e esterilização, por 48 horas a 60°C (Figura 3 B). Após secas, as algas foram trituradas e transformadas em farinha, que foram armazenadas em sacos de papel, para permitir a aeração e evitar possível proliferação de fungos. Exemplos das algas coletadas e identificadas até o nível específico, foram preparadas como exsiccatas e depositadas no herbário SP, do Instituto de Pesquisas Ambientais.



**Figura 3.A-** Processo de triagem, separação e identificação das algas arribadas coletadas. **B-** Estufa de secagem e esterilização, utilizada no processo de secagem das algas arribadas.

Para avaliar os valores de macro e micronutrientes presentes na mistura de algas coletadas, extremamente importantes para as etapas seguintes, 5 g de amostras secas foram separadas e enviadas para o laboratório da ESALQ/USP, Piracicaba, SP, de acordo com as orientações do próprio laboratório.

### **3.3. Preparo de farinha de algas (mix de algas arribadas desidratadas e trituradas)**

Muito embora os organismos tenham sido separados quanto ao gênero, para o preparo das soluções optou-se pelo uso da biomassa total (mix das algas arribadas desidratadas). Para a preparação das algas em pó, aproveitando assim sua composição total.

Após o processo de lavagem e secagem, a biomassa foi triturada com o auxílio de um liquidificador industrial com a velocidade de 2.000 rpm (Figura 4), resultando em duas granulometrias do mix de algas secas. Quanto aos valores granulométricos das farinhas foram utilizadas duas peneiras com padrões 10 mesh e 35 mesh. As farinhas mais finas foram usadas para os testes com solo e as de maior granulometria nos testes com o extrato líquido.



**Figura 4.** Liquidificador industrial com capacidade de até 2 L, e velocidade de 2.000rpm, usado como ferramenta para triturar as algas desidratadas.

Com a farinha de maior granulometria testou-se concentrações distintas: 1g,10g,100g,200g.da farinha de algas inseridas em um litro de água de torneira centrifugadas com o auxílio de um liquidificador industrial por 10 minutos. Posteriormente, cadaconcentração passou pelo processo de filtragem, em papel filtro e reservadas. O resíduo da filtragem aderido ao filtro de papel passou pelo processo de secagem e foi novamente armazenado para futuros testes.

Em ambos os teste foram utilizados 20 semente de hortaliças microverdes, pela facilidade de cultivo, não necessitarem de muito espaço, e possuírem como característica rápida germinação. Cada concentração continham cinco repetições. Em cada amostra foram sementes de rúcula, agrião e couve, próprias de microverdes (Figura 5).

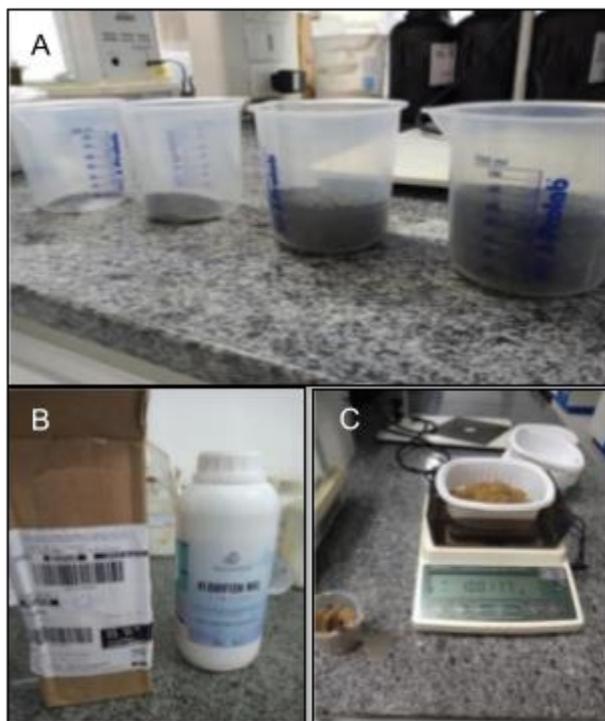


**Figura 5.** Sementes de microverdes comerciais. Na imagem é possível observar uma variedade de cores e formas de microverdes. No presente estudo, apenas sementes de rúculas foram utilizadas.

### 3.4 Ensaio de germinação e desenvolvimento das hortaliças

No controle (H0) a rega foi realizada com água de torneira, e o controle (H1) a rega foi feita com um fertilizante industrial à base de alga marinhas (*Plantaefert*), na concentração de 5 ml/L (Figuras 6 A-C). Todos os testes foram realizados em 5 repetições, totalizando 25 amostras. As regas ocorreram 3 vezes ao dia, com o volume de 5 ml por repetição. A água utilizada foi a de torneira, e o experimento ocorreu durante o período de 10 dias.

Para o teste com a farinha de algas, foram testados as concentrações de 10g, 5g e 100g, de farinha de algas, pura, inseridas em um solo neutro (Areia lavada de gramatura fina), regados três vezes ao dia com 5 ml de água de torneira.

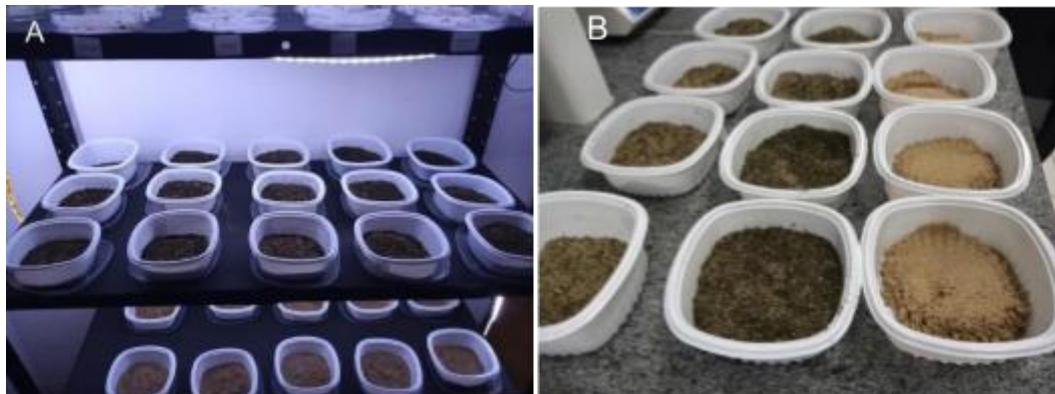


**Figura 6.**A- Preparação de amostras nas concentrações de 10g, 50g e 100g de farinha de algas. B- Fertilizante industrial à base de algas da marca *Plantaefert* utilizado como controle positivo nos testes. C- Processo de pesagem dos sólidos, na imagem mostra o peso

No teste feito com o extrato líquido, foram utilizadas 1g/l, 10g/l, 100g/l e 200 g/l de farinha de algas por litro de água de torneira, conforme descrita anteriormente. Para o controle (H0) utilizou-se apenas a água de torneira, e o controle positivo (H1), um fertilizante industrial à base de algas (*Plantaefert*), na concentração de 5 ml/L, da mesma forma como no primeiro teste. O teste foi realizado com 5 repetições por concentração testada. Neste teste, o filtro de papel foi utilizado (granulometria) como substrato por ser uma base neutra e que permite a absorção total dos nutrientes pelas raízes das plântulas. Em cada repetição foram utilizados 5 ml dos extratos e as regas foram realizadas 3 vezes ao dia, durante o período de 10 dias.

Para o terceiro teste, os valores das concentrações realizados no segundo teste foram repetidos e monitorados nas fases clara com 12 horas de luz direta e natural e 12 horas no escuro; e outro teste no escuro parcial, sendo utilizado luz artificial apenas quando necessário para a observação do crescimento das plântulas. O monitoramento foi realizado diariamente,

e a rega ocorreu uma vez ao dia. Após 10 dias, os brotos foram colhidos (Figura 7 A-B). Os dados coletados para medir o índice de germinação foram: quantidade de sementes germinadas tempo de germinação, tamanho da raiz e tamanho do caule.



**Figura 7.**A- Disposição das amostras e suas repetições na estante com a influência direta da luz artificial. B- Preparo das amostras no laboratório.

Após essas observações foram realizados testes para identificar a concentração ideal para a confecção do substrato à base de algas arribadas. Nesse teste, foram utilizadas farinhas de algas nas concentrações de 5g/L, 6g/L, 7g/L, 8g/L, 10g/L e 15g/L, e o experimento foi realizado apenas na luz. Os experimentos foram realizados com 5 repetições, sendo regadas três vezes ao dia com 5 ml de cada concentração, identificando-se assim a concentração ideal para a confecção do substrato à base de algas arribadas.

### **3.5 Análises estatísticas**

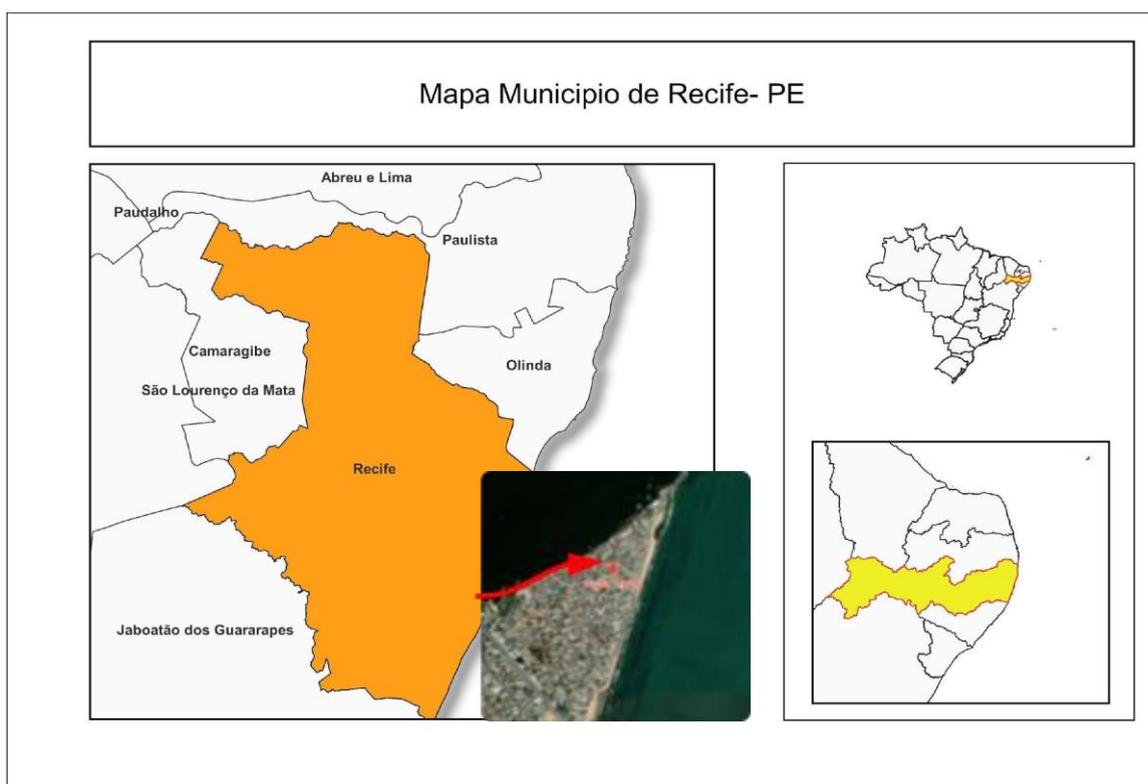
Para se obter os dados finais, foram observados: a germinação relativa das sementes (%), o comprimento relativo da raiz (%), o crescimento relativo (%) e o índice de germinação por réplica.

As provas reais dos testes, para verificar se houve diferença significativa entre os resultados obtidos, utilizou-se o teste de Tukey através da análise de variância ANOVA, no programa Excel.

### **4.4. Ação social para promoção de hortas comunitárias em área urbana vulnerável**

Um dos espaços de apoio à comunidade de Brasília Teimosa é o Centro Escola Mangue, que segundo a organização Rio Mar (2019) é uma associação civil, sem fins lucrativos, fundada em 2003 onde são atendidos crianças e adolescentes com diversas atividades como educação artística, rodas de leitura, produção de mudas – mangue, jogos educacionais, histórias, danças e muito mais.

O Centro Escola Mangue foi selecionado como local de estudo graças à sua visão de ensino com práticas ecológicas e sociais, ideais para a implantação do projeto, e por funcionar como um centro de apoio à comunidade, fornecendo aulas extracurriculares para crianças e adultos. Outro fator que colaborou com a implantação do projeto foi a facilidade de acesso dos moradores às áreas com ocorrência de algas arribadas, graças à sua localização privilegiada às margens das praias do Pina e da praia Buraco da Velha (figura 8).



**Figura 8.** Mapa da localização do Centro Escola Mangue, em primeiro plano, no município de Recife, PE, onde foi implementado o projeto para promoção de horta comunitária antado. Em destaque o município de Recife, em azul.

A pesquisa foi realizada com as crianças de 6 a 15 anos do Centro Escola Mangue, durante as aulas de biologia, realizadas nas segundas feiras, no horário das 14:00 às 16:00. As turmas possuíam entre 8 e 12 alunos semanais, que se estenderam por três meses (Figura 9). As moradias da região não possuem espaço que permite cultivo de hortaliças de grande porte, e as ruas também oferecem pouco espaço para circulação, inviabilizando a utilização das calçadas para os cultivos.



**Figura 9.** Estudantes do Centro Escola Mangue durante a ministração de uma das aulas realizadas para o reconhecimento da importância de se ter uma boa alimentação.

Inicialmente, foi aplicado um questionário para avaliar o nível de compreensão dos estudantes, os questionários foram realizados no formato digital, através do site [mentimeter.com](https://www.mentimeter.com) no formato objetivo, com os seguintes questionamentos:

- *Você costuma consumir frutas e legumes em sua alimentação?*

( ) Às vezes ( ) Nunca ( ) Quase sempre ( ) Sempre

- *Caso não consuma, por quais motivos?*

( ) Sabor ( ) textura ( ) cheiro ( ) cor ( ) outros

- *E quando os consome, por quais motivos?*

( ) *Meu país* ( ) *me faz bem* ( ) *eu gosto* ( ) *orientação médica* ( ) *outros*

- *Quanto as algas arribadas encontradas na praia (sargaço) você sabe para o que elas servem?*

( ) *Alimento* ( ) *Fertilizante* ( ) *lixo* ( ) *biotecnologia* ( ) *outros*

- *Você já tentou cultivar uma horta em casa?*

( ) *não* ( ) *sim* ( ) *talvez* ( ) *não deu certo*

Após essa etapa foram ministradas aulas teóricas para explicar melhor o conteúdo, como as principais diferenças entre frutas e legumes, a importância ecológica das algas arribadas e a necessidade de aproveitá-las de forma eficiente, como por exemplo, na forma de biofertilizante para o cultivo de hortaliças.

Em seguida foram iniciar-se os cultivos. Em uma oficina foram confeccionados vasos feitos com caixas de leite, onde os estudantes puderam ter esse primeiro contato com a terra, observar os diferentes formatos e texturas das sementes e a importância da adubação (adubado com 100 g do mix de farinha de algas para cada 3 kg de areia lavada) e irrigação. Nesse primeiro momento, os estudantes puderam levar seus cultivos para casa e acompanhar o processo de germinação e crescimento de perto. De forma simultânea, também foi confeccionado um protótipo nas instalações do Centro Escola Mangue (Figura 10), com paletes criando uma horta suspensa e comunitária, que serviria para integrar as refeições da própria escola. As sementes escolhidas para o cultivo foram: tomate, coentro, cebolinha, alface, espinafre e pimenta.



**Figura 10.** Confecção, montagem e ornamentação da horta comunitária instalada nas comunidades do Centro Escola Mangue, sendo ornamentada e cuidada pelos próprios estudantes.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Diversidade de macroalgas arribadas

No total, foram identificados 24 gêneros, sendo 22 em 2021 e 23 em 2022. Em ambas as coletas, Phaeophyceae está representada por seis gêneros, sendo cinco pertencentes a Dictyotaceae (Dictyotales) e uma a Sargassaceae (Fucales). Em Ulvophyceae, dos sete gêneros identificados em 2021, pertencentes a Bryopsidales, Cladophorales, Dasycladales e Ulvales, em 2022, apenas *Acetabularia* (Dasycladales) não foi encontrada. Em Rhodophyta, nove e onze gêneros foram identificados, respectivamente, em 2021 e 2022.

A ordem Ceramiales foi a mais representativa, com a família Rhodomelaceae a mais diversa, com quatro gêneros e uma em Wrangeliaceae (*Haloplegma duperreyi* Montagne). As demais famílias de Rhodophyta estão representadas por um gênero cada. Apenas *Amansia multifida* J.V. Lamouroux e *Haloplegma duperreyi* Montagne 1842 não foram encontradas em 2022 (Tabela 1). As algas verdes filamentosas *Bryopsis*, que caracterizam ambientes eutrofizados, foram encontradas em abundância em ambas as coletas.

Silva Junior (2022), em um estudo similar, realizado nas praias de Candeias e Tamandaré, PE, identificou 41 gêneros realizando coletas durante os períodos secos e chuvosos. Destes, a maioria foi representada por Rhodophyta, com 23 gêneros. Em um estudo realizado por Santos et al. (2002) na praia de Boa Viagem, PE, foram identificadas 48

espécies, sendo 58% de Rhodophyta. No presente estudo, apesar de a maior diversidade ser de Rhodophyta, a maior biomassa foi a de Ulvophyceae (Figura 8).

Tabela 1 Lista das macroalgas arribadas identificadas na praia de Candeias, PE, durante o período seco de 2021 e 2022

Táxons	Coleta 2021	Coleta 2022
<b>Filo Ochrophyta, Classe Phaeophyceae</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Dictyotales</b>		
<b>Dictyotaceae</b>		
<i>Dictyota</i> sp.	X	X
<i>Dictyopteris</i> sp.	X	X
<i>Lobophora</i> sp.	X	X
<i>Padina</i> sp.	X	X
<i>Spatoglossum</i> sp.	X	X
<b>Fucales</b>		
<b>Sargassaceae</b>		
<i>Sargassum</i> sp.	X	X
<b>Filo Rhodophyta, Classe Florideophyceae</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<b>Ceramiales</b>		
<b>Rhodomelaceae</b>		
<i>Acanthophora</i> sp.	X	X
<i>Alsidium</i> sp.	X	X
<i>Amansia multifida</i> J.V. Lamouroux	-	X
<i>Osmundaria obtusiloba</i> (C.Agardh) R.E.Norris	X	X
<b>Wrangeliaceae</b>		
<i>Haloplegma duperreyi</i> Montagne	-	X
<b>Gelidiales</b>		
<b>Gelidiaceae</b>		
<i>Gelidium</i> sp.	X	X
<b>Gigartinales</b>		
<b>Cystocloniaceae</b>		
<i>Hypnea</i> sp.	X	X
<b>Solieriaceae</b>		
<i>Solieria</i> sp.	X	X
<b>Gracilariales</b>		
<b>Gracilariaceae</b>		
<i>Gracilaria</i> sp.	X	X
<b>Halymeniales</b>		
<b>Halymeniaceae</b>		
<i>Cryptonemia</i> sp.	X	X
<b>Rhodymeniaceae</b>		
<i>Botryocladia</i> sp.	X	X
<b>Filo Chlorophyta, Classe Ulvophyceae</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
<b>Bryopsidales</b>		
<b>Bryopsidaceae</b>		
<i>Bryopsis</i> sp.	X	X

<b>Caulerpaceae</b>		
<i>Caulerpa</i> sp.	x	x
<b>Cladophorales</b>		
<b>Cladophoraceae</b>		
<i>Cladophora</i> sp.	x	x
<i>Chaetomorpha</i> sp.	x	x
<i>Rhizoclonium</i> sp.	x	x
<b>Dasycladales</b>		
<b>Dasycladaceae</b>		
<i>Acetabularia</i> sp.	x	-
<b>Ulvales</b>		
<b>Ulvaceae</b>		
<i>Ulva</i> sp.	x	x
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>23</b>

A biomassa de algas arribadas obtidas nas coletas de 2021 e 2022 está representada na figura 8, e alguns representantes da diversidade de algas arribadas encontradas na Praia de Candeias são mostrados nas figuras 9-11.

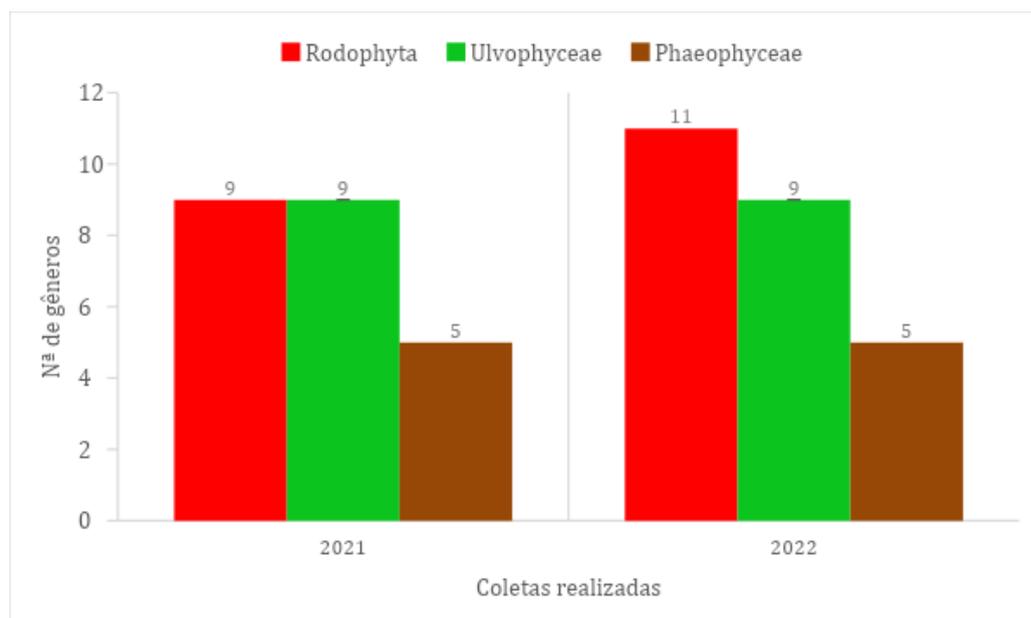


Figura 11. Gêneros (kg) de algas arribadas encontradas na praia de Candeias, no período seco, em 2021 e 2022. Os números representados em cada barra são referentes ao número de espécies coletadas.

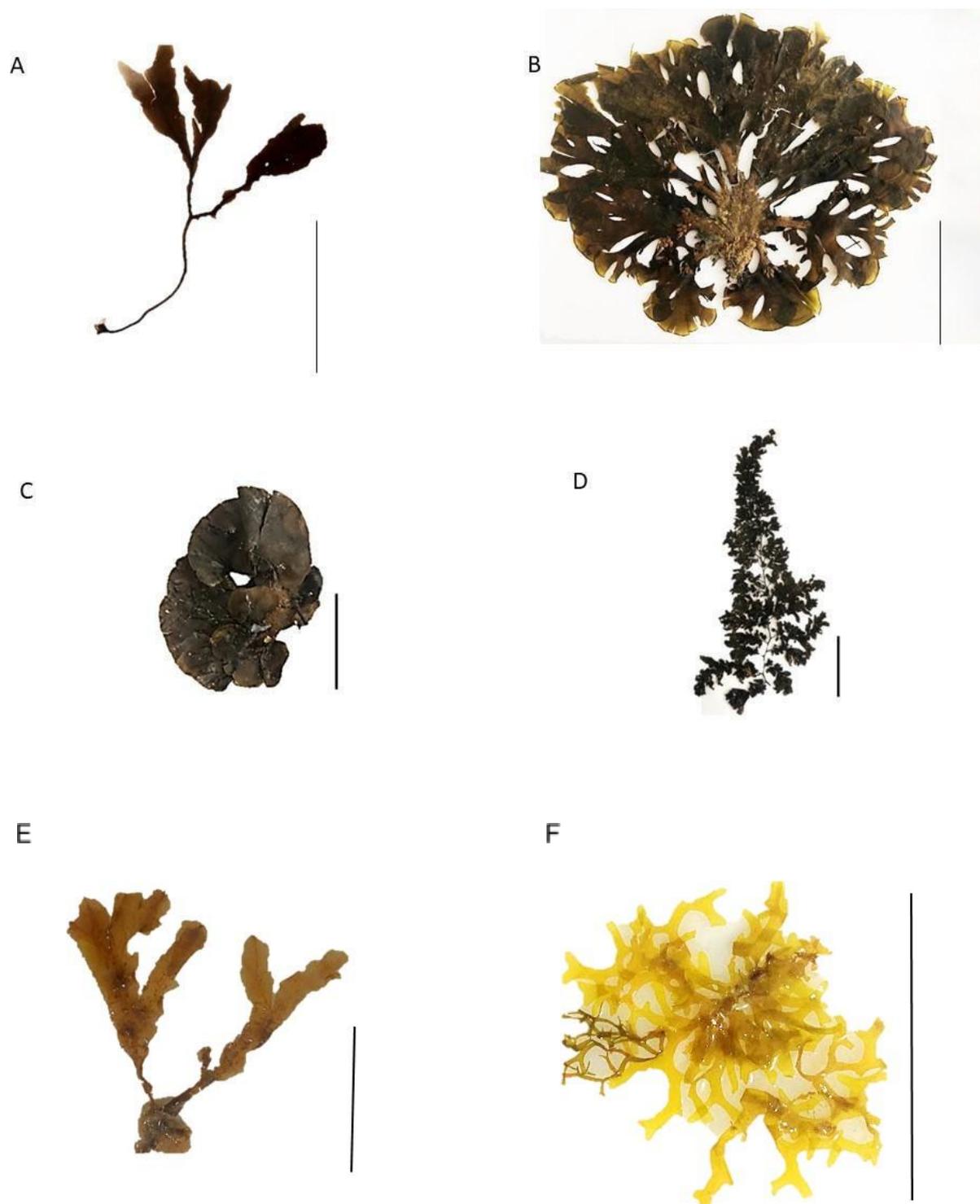


Figura 12.. Diversidade de Phaeophyceae encontrada arribadas na praia de Candeias, no período seco, em 2021 e 2022. A- *Sargassum* sp. B- *Padina* sp. C- *Lobophora* sp. D- *Sargassum* sp. E- *Dictyopteris* sp. F- *Dctyota* sp. Escala: 5 cm

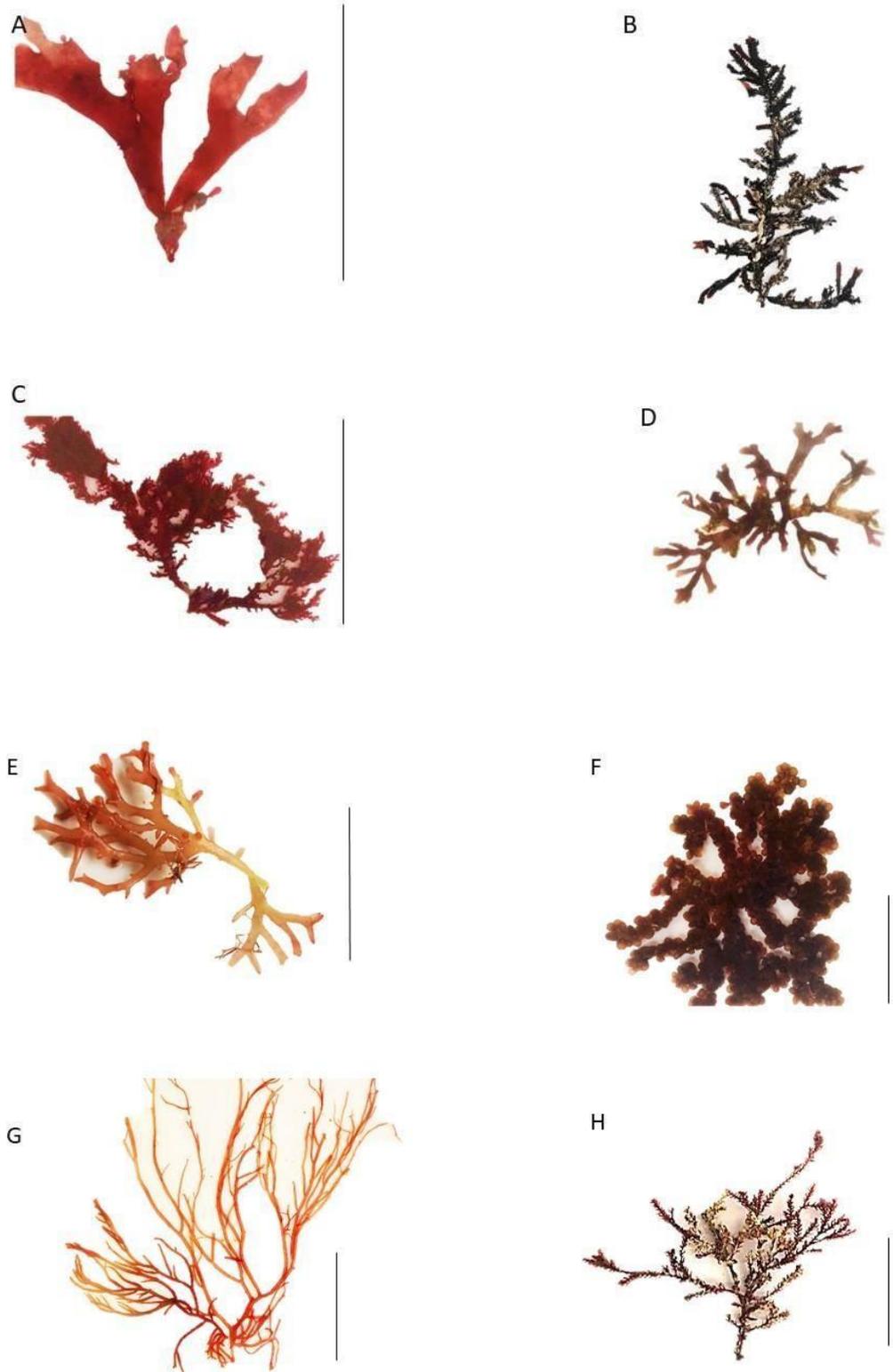


Figura 13. Representantes de Rhodophyta encontrados nas algas arribadas na praia de Candeias, PE, no período seco, em 2021 e 2022. A- *Cryptonemia* sp. B- *Amansia* sp. C *Centroceras* sp. D *Hypnea* sp. .E-f *Gracilaria* sp. G *Botryocladia* sp.; *Gelidium* sp. H-L *Alcidium* sp. Escala : 5 cm (B,C,D,F,G) 1cm (A, E,H)

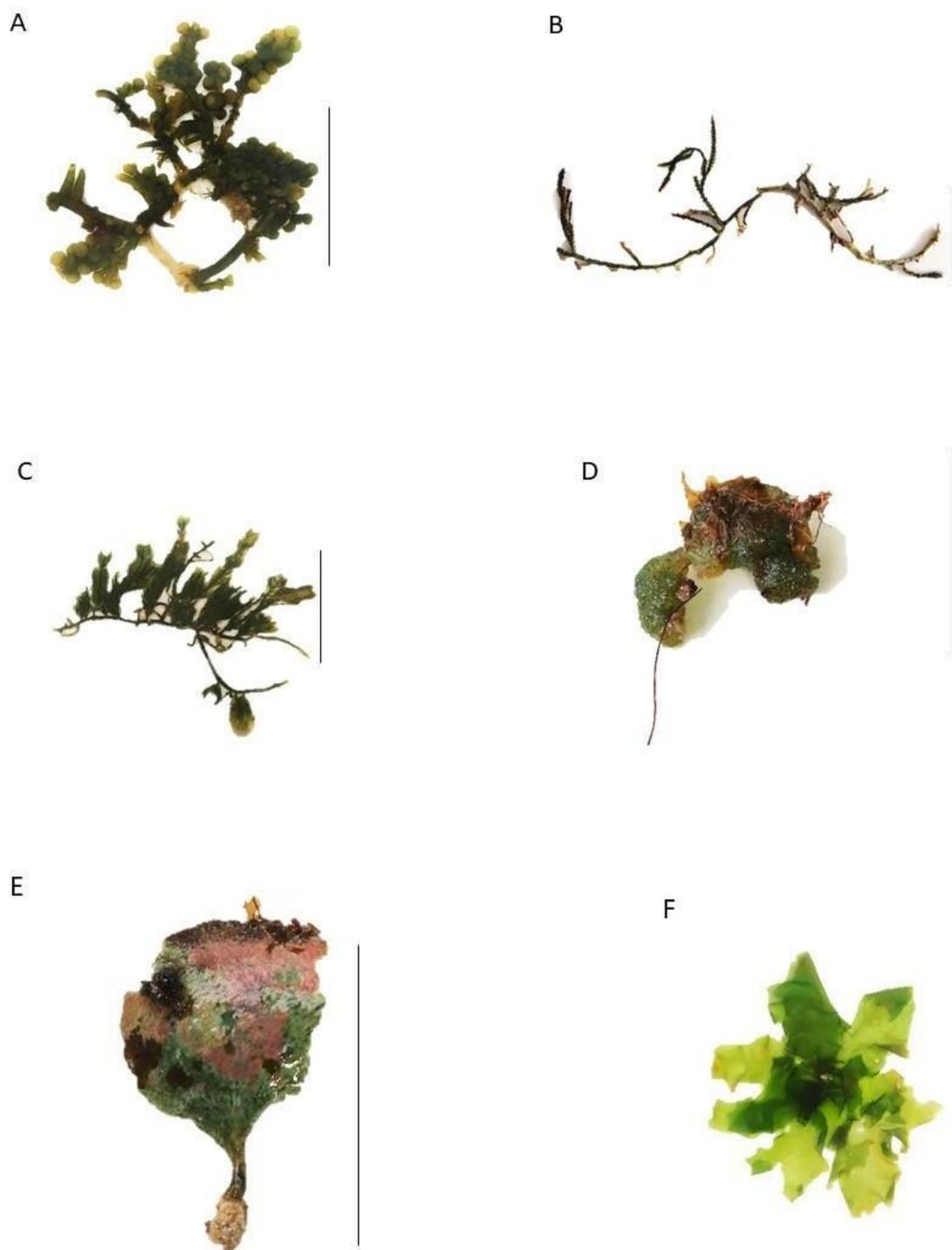


Figura 14. Representantes de Ulvophyceae encontrados nas algas arribadas na praia de Candeias, durante o período seco de 2021 e 2022. A- *Caulerpa racemosa* B- *Bryopsis* sp. C- *Caulerpa* sp. D- *Dictyosphaeria* sp. E- *Udotea* sp. F- *Ulva* sp. Escalas: 5 cm (A,C,D,E), 1cm (B).

Os resultados de análise dos macros e micronutrientes das algas arribadas, coletadas no período seco de 2021 e 2022, são apresentados na tabela 2. Resultados obtidos através do laboratório ESALQ.

Tabela 2. Macro e micronutrientes expressos em gramas por quilo de mix de macroalgas coletadas em Candeias PE, no período seco de 2021 e 2022. Os elementos B e Fe se destacam pelos valores apresentados.

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	2021	2022
<b>Nitrogênio (N)</b>	g kg <sup>1</sup>	41,07	18,95
<b>Fósforo (P)</b>	g kg <sup>1</sup>	1,38	0,88
<b>Potássio (K)</b>	g kg <sup>1</sup>	9,95	4,66
<b>Cálcio (Ca)</b>	g kg <sup>1</sup>	12,24	70,47
<b>Magnésio (Mg)</b>	g kg <sup>1</sup>	3,94	10,44
<b>Enxofre (S)</b>	g kg <sup>1</sup>	27,33	26,8
<b>Boro (B)</b>	mg kg <sup>1</sup>	99,22	199,84
<b>Cobre (Cu)</b>	mg kg <sup>1</sup>	9,48	4,49
<b>Ferro (Fe)</b>	mg kg <sup>1</sup>	2379,29	2425,63
<b>Manganês (Mn)</b>	mg kg <sup>1</sup>	73,82	69,38
<b>Zinco (Zn)</b>	mg kg <sup>1</sup>	135,67	17,47

Os resultados obtidos em ambas as coletas demonstram a presença de quantidade significativa de **ferro** e **boro**, embora essas concentrações não demonstraram afetar diretamente a germinação e/ou desenvolvimento das microverdes. Laurett et al. (2017) observaram que apenas valores acima de 5090,4 mg.kg<sup>1</sup> de ferro reduziram o desenvolvimento de alface e da rúcula, em cultivo. Como podemos observar na tabela acima, os valores obtidos em ambos os mixes de algas analisados em nosso estudo os valores para ferro não alcançaram nem a metade do que Laurett et al. (2017) consideraram prejudicial ao desenvolvimento das plantas.

Observou-se também que alguns elementos tiveram os valores alterados de acordo com o ano de coleta. **Nitrogênio**, **fósforo** e **potássio** foram maiores no mix de algas da primeira coleta do que no da segunda, em contrapartida os valores de magnésio de cálcio

foram maiores na segunda coleta quando comparada à primeira (Tabela 2), vale ressaltar que na segunda coleta a densidade de algas verdes coletadas foi muito maior do que na primeira coleta, a diferença em kg de massa úmida foi de quase 10 kg, mesmo ambas tendo sido realizadas durante o verão. Viecelli (2017) afirma que o potássio contribui para um maior crescimento vegetal, pois atua na área foliar, melhorando os teores de clorofila e auxilia na retenção de água. Em nosso estudo, a diferença do potássio obtido na primeira coleta foi quase 50% maior do que o cálcio analisado no segundo momento, porém não houve diferença visível no desenvolvimento da plântula, demonstrando eficiência em ambas as concentrações.

Araújo (2016), realizou um estudo utilizando a compostagem de algas arribadas em uma comunidade pesqueira da Paraíba, e em uma análise de qualidade do solo feita após a compostagem de algas arribadas, concluiu-se que os valores de P e K foram expressivos, comprovando a eficiência do uso das algas arribadas como fertilizante.

O cálcio é um nutriente indispensável para o fortalecimento das raízes e folhas, e no equilíbrio entre ácido e básico no meio celular das plantas (Dias et al. 2012). Já o Mg atua na pigmentação, faz parte da clorofila e sua deficiência traz às culturas um aspecto amarelado (Serrat et al. 2002). Os micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn funcionam como íons no solo, cuja função é de ativar o transporte de elétrons (Ferreira et al. 2020).

Marschner (1995) observou que **fósforo** atua na constituição dos fosfolipídios, nos ácidos nucléicos, nos compostos energéticos, sendo vital para um bom desenvolvimento das plantas. **Magnésio** atua também em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila (Taiz & Zeiger 2004).

Graças às elevadas concentrações de N, K e Ca encontradas nas algas, Booth (1985) recomenda o seu uso como fertilizantes, assim como Galindo et al. (2019), por também comprovarem a atuação dos fertilizantes de algas na nutrição vegetal como reguladoras, proporcionando uma resposta mais efetiva às condições de estresse. Dentre as alterações

benéficas destacam-se o desenvolvimento do sistema radicular (Booth 1985, Galindo et al. 2019).

Em um estudo realizado numa comunidade pesqueira no estado da Paraíba, Furtado et al. (2017) testaram o uso direto do mix de algas arribadas como fertilizante para hortas comunitárias, e os resultados de macro e micronutrientes obtidos do solo do cultivo demonstraram resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, em relação às concentrações de P, K, Ca e Mg.

Uma preocupação deste estudo foi com relação à salinidade da água do mar que poderia afetar direta ou indiretamente no desenvolvimento das plântulas, mesmo após todo o processo de lavagem. Em nosso experimento não houve a intenção direta de analisar os efeitos da salinidade na germinação, mas podemos notar que a salinidade ou a alta concentração dos macro e micronutrientes podem ter resultado no baixo número de sementes germinadas nas repetições com altas concentrações, ao contrário dos estudos realizados por Brito et al. (2021). Estes autores provocaram situações de estresse em plântulas de girassol, testados em três tipos de substratos, e mesmo com o estresse adicional de salinidade, o substrato adubado com o mix de algas arribadas apresentou melhores resultados quanto ao crescimento do caule.

#### **4.2. Avaliação da germinação e desenvolvimento de microverdes**

O resultado apresentado sob os índices de germinação expressos em (%) no teste usando o extrato líquido feito com o mix de algas arribadas, diretamente no solo neutro (areia lavada), é mostrado na figura 12. Já os resultados do uso direto do mix de algas arribadas na forma de farinha em solo neutro (areia lavada) estão representados na figura 13. Inicialmente, foram avaliados três parâmetros para se reconhecer a taxa de eficiência do estudo, tanto no extrato líquido quanto na farinha de algas. Para tanto, foram analisados o número de sementes germinadas e o crescimento da raiz e do caule. Sabendo-se que as raízes fornecem suporte estrutural às plântulas e também absorvem água e nutrientes, e para que ocorrer a

germinação, não há necessidade de nenhum estímulo externo, já que as sementes possuem todas as reservas necessárias inclusas em seu endocarpo (Gomes et al. 2004).

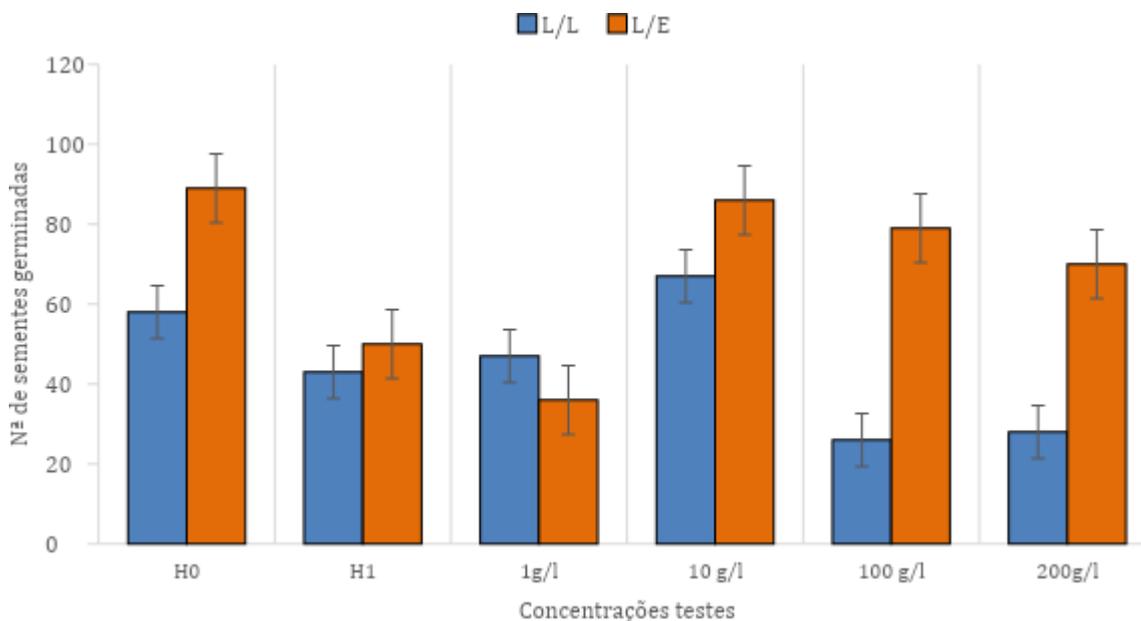


Figura 15. Comparação entre as porcentagens de germinação, utilizando o extrato líquido em solo neutro, as barras em azul representam as variações com influência direta da luz e as barras em laranja sem a influência direta da luz, os (\*) estão sob as barras com representam os melhores resultados em suas semelhanças.

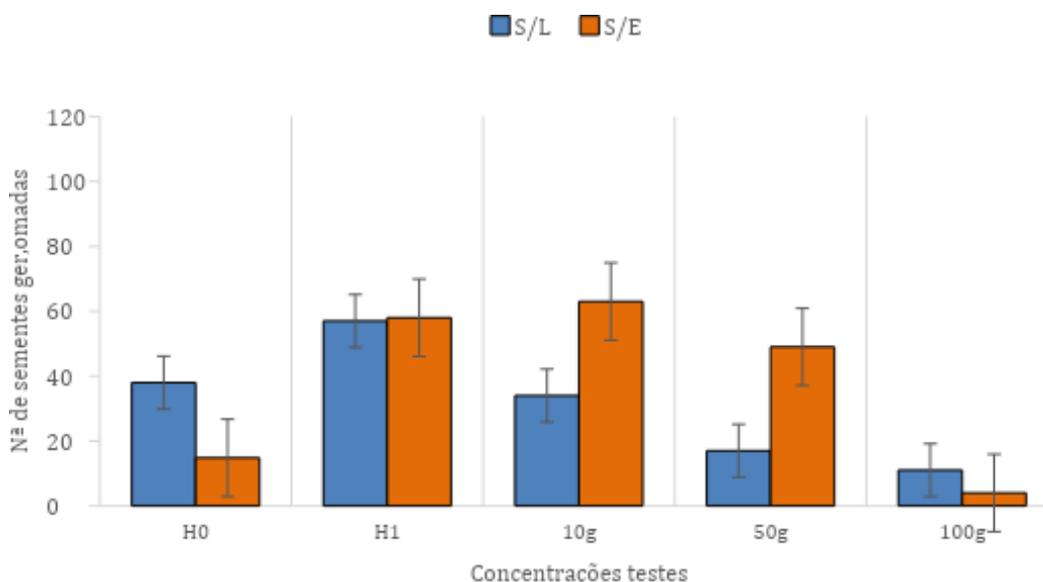


Figura 16. Comparação entre os índices de germinação (%) utilizando a farinha de algas em solo neutro. A cor azul representa os testes realizados com influência da luz e a cor laranja representa os testes sem influência direta da luz. Os (\*) representam os melhores resultados em suas semelhanças.

Observou-se nos gráficos de barra acima, que de os resultados relacionados ao extrato líquido resultaram em maior índice germinativo do que a farinha de algas, para comprovar sua significância e real eficiência, podemos analisar os dados estatísticos. Se observamos os valores de  $p$  nos testes com influência da luz, podemos notar que o nível de significância nas repetições com a farinha de algas foi positivo, com  $p = 0,000424$ , já nas repetições com influência da luz e regadas com o extrato líquido o valor de  $p$  foi maior do que é considerado adequado, com  $p = 0,1907$ . Já as replicatas sem a influência da luz demonstraram ter significância tanto nos testes com a farinha de algas ( $p = 0,00450$ ), quanto no extrato líquido ( $p = 0,00180$ ). Pode se comprovar que o extrato líquido não teve uma boa atuação quando exposto à luz, e que a farinha de algas obteve resultados significantes em ambos os tratamentos (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Análise de Variância ANOVA para o teste feito com farinhas de algas em solo neutro, considerando como resultado válidos os valores onde  $p < 0,05$ , SQ é a soma dos valores na amostra, gl = graus de liberdade, MQ= Médias dos quadrados, F = A razão entre as somas quadradas, P = Valor de significância entre as amostras.

<i>Extrato seco na luz (farinha de algas)</i>						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6646	4	1661,5	8,245658	0,000424	2,866081
Dentro dos grupos	4030	20	201,5			
Total	10676	24				
<i>Extrato seco no escuro (farinha de algas)</i>						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	14199,76	4	3549,94	5,290206	0,004505	2,866081
Dentro dos grupos	13420,8	20	671,04			
Total	27620,56	24				

Tabela 4. Análise de variância ANOVA para o teste feito com extrato líquido de algas arribadas em papel filtro considerando como resultado válidos os valores onde  $p < 0,05$  SQ é a soma dos valores na amostra, gl = graus

de liberdade, MQ= Médias dos quadrados, F = A razão entre as somas quadradas, P = Valor de significância entre as amostras.

<i>Extrato líquido na luz</i>						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6554,16	7	1310,833	1,628364	0,190706	2,620654
Dentro dos grupos	19320	24	805			
Total	25874,1	7	29			
<i>Extrato Líquido no escuro</i>						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	11186,6	7	2237,333	5,407452	0,001808	2,620654
Dentro dos grupos	9930	24	413,75			
Total	21116,6	7	29			

Quanto ao crescimento da raiz, já se sabe que as algas, no geral, possuem grande quantidade de fito hormônios, como as auxinas, responsáveis pelo estímulo ao crescimento das raízes (Deitos 2022), o que pode ser comprovado em nosso estudo, muito embora alguns resultados não tenham apresentado desenvolvimento radicular, como nos exemplos com maior concentração (Figura 14 A e B).



Figura 17.A- Primeiro dia de “plantio” das sementes de microverdes de rúcula no papel de filtro com a concentração de 1g/L de extrato. B- Após dez dias de “plantio”.

Como fertilizante, as macroalgas atuam na nutrição vegetal como reguladoras, proporcionando uma resposta mais efetiva em condições de estresse. Dentre as alterações benéficas destacam-se desenvolvimento do sistema radicular, por possuírem nutrientes essenciais como o nitrogênio. Esses elementos são fatores limitantes para o crescimento da planta, atuando na formação de biomoléculas importantes como ATP, NADH, NADPH, clorofila e proteínas (Galindo et al 2019; Bredemeier & Mundstock 2000).

Os resultados preliminares realizados com a farinha de algas em solo, demonstraram baixa eficiência quando comparados aos testes confeccionados com o extrato de algas (Figura 15) para o crescimento do talo já que os resultados para extratos líquidos resultaram em uma maior taxa de crescimento de talo.

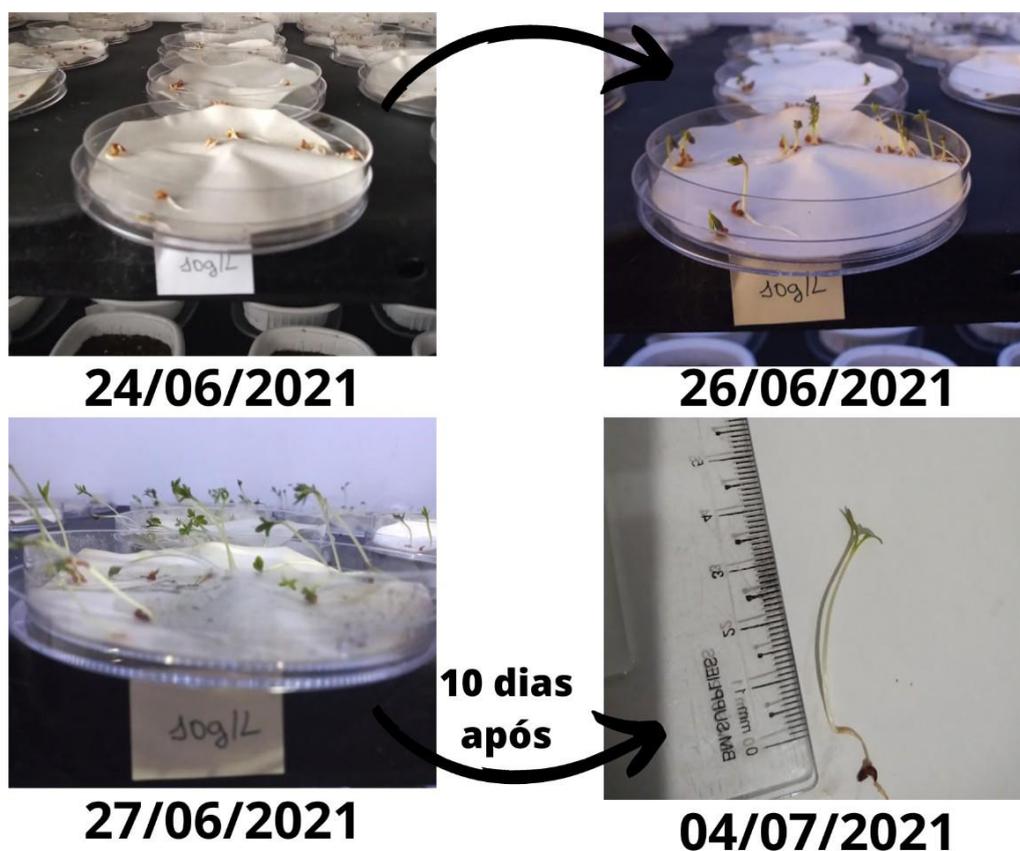


Figura 18. Apresentação da resposta germinativa dos microverdes em meio ao extrato líquido feito com a base das algas arribadas coletadas.

Muito embora em todos os testes as concentrações de 10 g/L tenham sido muito semelhantes aos controles, como o teste feito apenas com água de torneira (H0), e o teste realizado com o fertilizante industrial a base de algas (H1), os resultados obtidos nas amostras que só se mantiveram no escuro, também apresentaram resultado satisfatório na concentração de 50g/L.

Já no terceiro teste, os resultados do percentual de sementes desenvolvidas na luz, superaram em sua maioria aos das plântulas reclusas à iluminação (Figura 19), em ambos os casos a concentração de 100 g/L apresentou um ótimo percentual de índice de germinação, chegando a superar ou se igualar às replicadas controles.

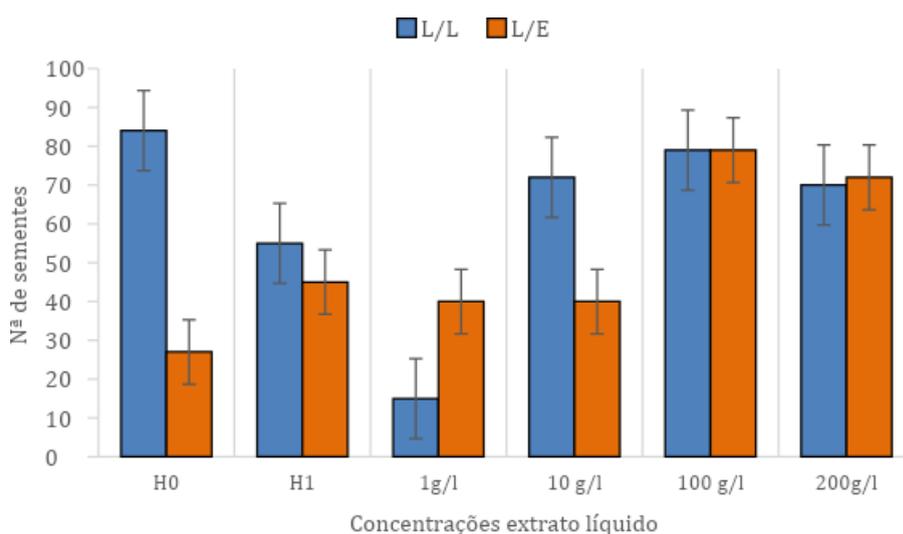


Figura 19. Índice de germinação referente ao terceiro teste feito com o extrato líquido de algas arribadas em solo neutro, onde L/L é referente às replicatas expostas a luz e L/E as replicatas não expostas a luz. As barras com (\*) representam valores estatisticamente.

Analisando separadamente os parâmetros de crescimento do caule, que seria a parte comercialmente importante, notou-se que o efeito se torna proporcionalmente inverso (Figura 20). Apesar da concentração de 100 g/L ter sido a de maior quantidade de sementes desenvolvidas, ela também foi a que obteve o menor índice de crescimento do caule, tornando as concentrações de 10g/L mais interessantes para dar continuidade ao estudo.

Quanto à influência da luz, foi possível observar que o desenvolvimento na luz surtiu mais efeito no processo de desenvolvimento das plântulas, Bonato et al. (2022), em um estudo similar, também com brotos de rúcula, observaram que o crescimento foi mais adequado e uniforme quando os brotos foram expostos à luz roxa, chegando a medir 1,30 cm a mais do que aos demais brotos não expostos à luz ou a luzes de outras colorações.

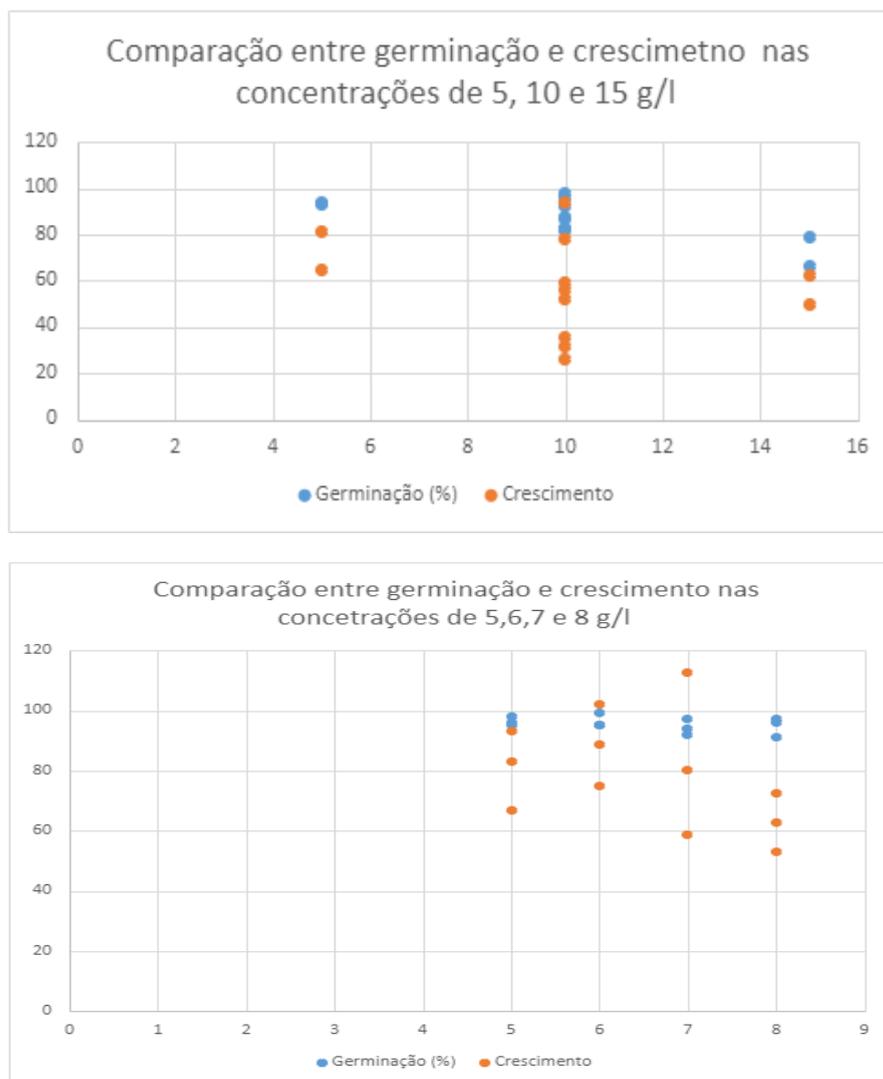


Figura 20. Comparação entre o crescimento e a germinação com cada uma das concentrações, no primeiro gráfico é possível observar que a concentração de 10g/l o crescimento do qual foi proporcional ao número de sementes germinadas, no segundo gráfico é possível observar que as concentrações de 6 e 7 g/l o crescimento e a germinação foram proporcionais.

Seguindo foi confeccionado novo teste com repetições entre 5g/L, 10g/L e 15g/L (16 A), onde a taxa de germinação (%) foi constante estatisticamente em todas as concentrações, o que diferenciaram foram as relações de crescimento, entre raiz e caule, que foram melhor

expressas entre as concentrações: 5 e 10g/L. Pensando nestas opções, o último teste para se identificar a concentração ideal seguiu nas concentrações de 5g/L, 6g/L, 7g/L e 8g/L. Mais uma vez a germinação das plântulas ocorreu de forma estável, sem interferência visível, ou seja, nenhuma das concentrações apresentou caráter tóxico, e novamente o que diferenciou o resultado foi a relação de crescimento do caule e raiz, e assim chegou-se à concentração considerada ideal de 5g/L e 6g/L.

#### 4.3. Preparo do substrato à base de algas

As soluções básicas para o preparo de qualquer espuma fenólica são: 1- Hidrocarboneto, 2- Pré-polímero, 3- Surfactante e 4- Ácido (Carvalho & Frollini 1999). Existem duas formas de ocorrer a espumatação, a primeira pela volatilização do agente de expansão, como por um líquido de baixo ponto de ebulição, que ocorre em função do calor produzido pela reação de reticulação do pré-polímero e a segunda pela adição de químicos sólidos que se decompõem em altas temperaturas, formando gases (Waber 1985). Baseadas nessas informações foi idealizada formas de adicionar o extrato de algas na concentração em meio à solução para se criar uma espuma com capacidade nutritiva para continuar o cultivo sem a necessidade de adições de fertilizantes. Além dessa característica, a “nova” espuma deveria ser biodegradável (Figura 21). O estudo ainda está em fase de desenvolvimento, em busca de uma solução para substituir o pré-polímero fenólico de forma parcial ou total da “espuma”, pela farinha de algas e outras argininas na concentração ideal.



Figura 21.A- Primeiros testes da espuma agrícola a base de algas, semeada e na estufa. B- Alguns elementos usados durante a criação dos primeiros exemplares da espuma agrícola, como argila, alginato entre outros

Durante os estudos para a produção de um pré-polímero à base de mandioca, Machado (2011) relata a importância de substituir os polímeros sintéticos, principalmente os utilizados na produção de alimentos. Neste contexto, diversos biopolímeros como proteínas e polissacarídeos como amido, pectina, quitosana, alginato, celulose e seus derivados, tem ganhado notoriedade, por apresentarem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, além de alto coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, podendo ainda serem combinados entre si (Santos et al. 2021). Porém estudos como estes podem ser onerosos e de pouca atratividade para as empresas por terem como fonte produtos esgotáveis ou de baixa produtividade (Panaitescu et al. 2016), as arribadas de algas poderiam ser uma excelente alternativa para a obtenção dessas matérias primas (Figura 22).

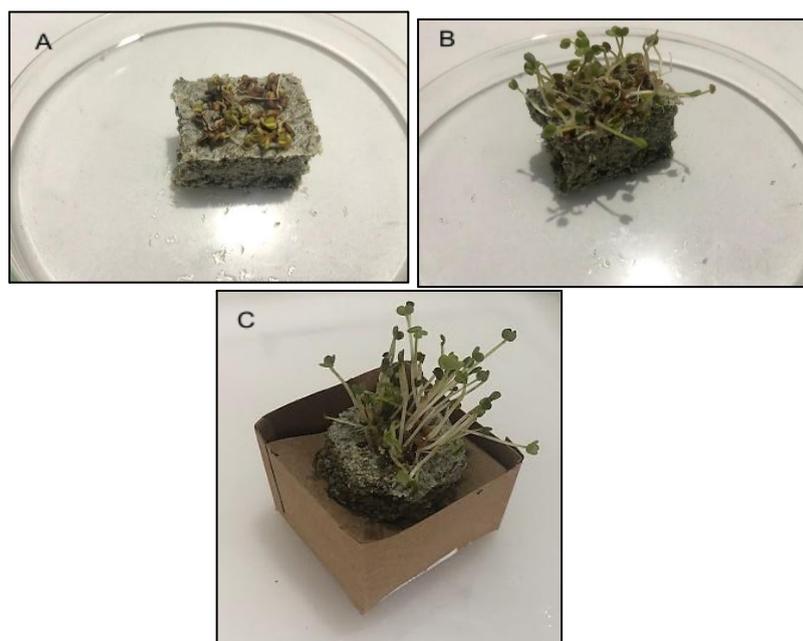
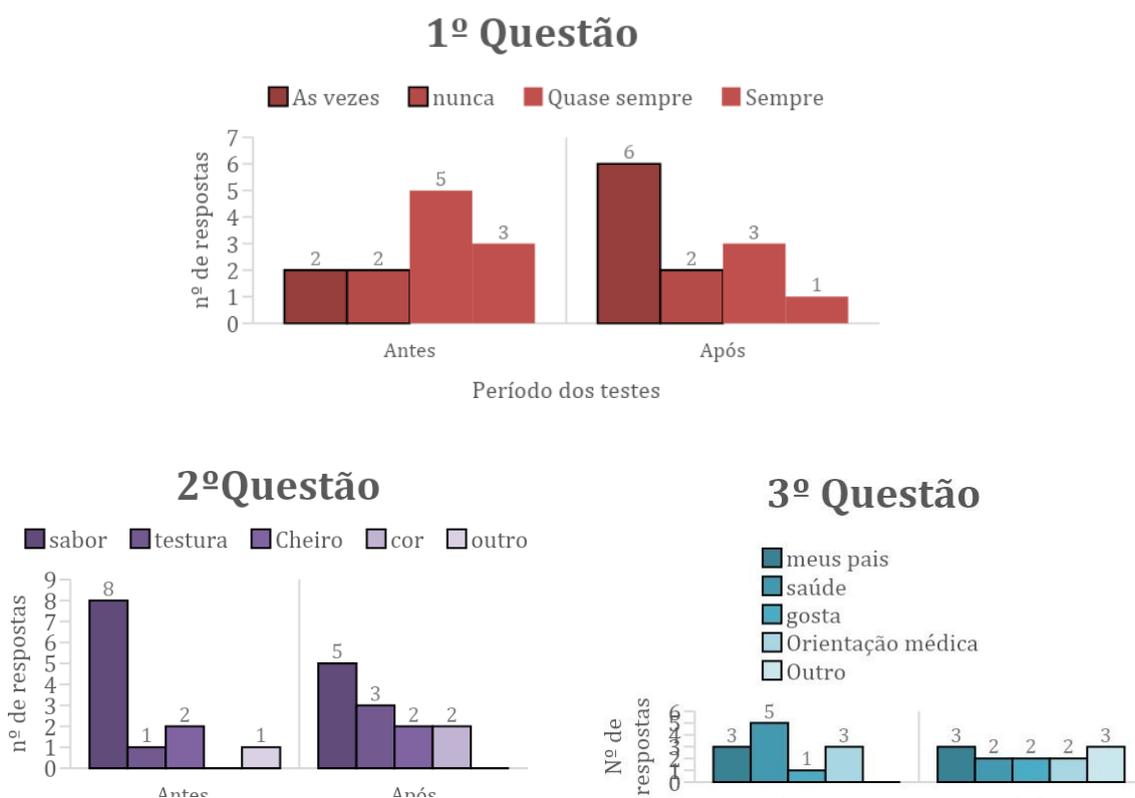


Figura 22. Resultado do experimento, com a produção de uma espuma agrícola, feita à base de mix de algas arribadas. Nas imagens representativas foram cultivadas sementes de rúcula (microverdes), com 10 dias de plantio. Figura A representa as sementes em processo da espuma.

Esse é um protótipo resultante de toda pesquisa, uma espuma agrícola, capaz de reter líquido enquanto nutre a plantula em seu desenvolvimento diário, como foi realizado em sociedade com os laboratórios privados do IATI (Instituto Avançado de Tecnologia e inovação).

#### 4.4 Resultados sobre a implantação do estudo em uma comunidade urbana.

Estudos demonstram que a horta no contexto da Educação Alimentar e Nutricional é considerada um recurso terapêutico que integra um processo de cuidado e cura do agravo, visando promover a prática autônoma e voluntária de hábitos alimentares saudáveis (BRASIL, 2012). A terapia comunitária integrativa é uma ação dentre as Práticas Integrativas e Complementares (PICs), sendo uma ferramenta capaz de fomentar o envolvimento de membros da comunidade na construção de redes sociais solidárias, estimulando a troca de experiências, diminuindo o isolamento social e contribuindo para a promoção da saúde e autonomia (Ministério da Saúde, 2018). Ao fim do estudo o formulário foi novamente aplicado, e a comparação dos resultados permitiu observar se houve influência do estudo na comunidade (Figura 23).



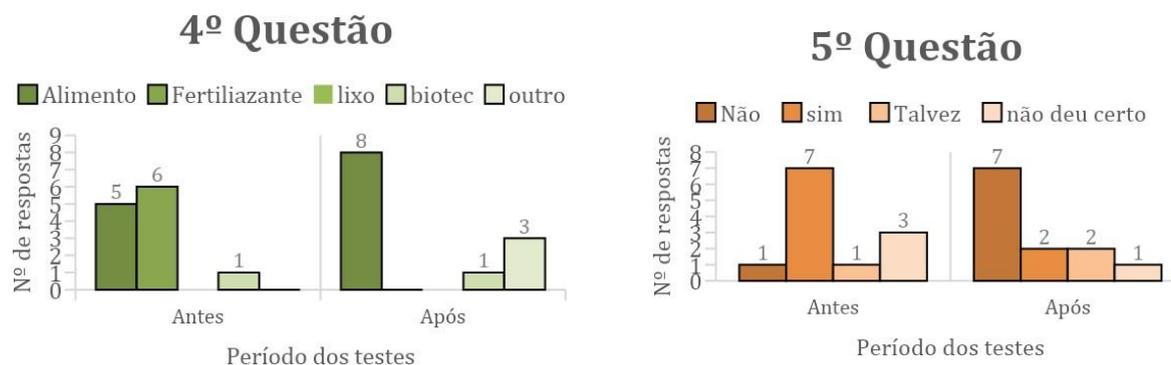


Figura 23. Gráficos com a média das respostas recolhidas nos questionários realizados pelos estudantes do Centro Escola Manguê, os números inseridos em cada coluna representam os números de indivíduos que marcaram a opção, (N=12 entrevistados).

Ao compararmos as respostas recolhidas no primeiro momento, com as respostas recolhidas após a prática, podemos observar um crescente interesse pelo assunto. Quando foram questionados quanto a frequência com que se alimentam de frutas, verduras e legumes, a grande maioria que havia respondido quase nunca no primeiro momento, afirmou ter tentado incluir mais hortaliças em suas alimentações. A mudança também ocorreu na forma de se pensar no reuso das algas acima (Questão 4), percebe-se que os estudantes já conheciam a importância das algas para o planeta, mas não conheciam sua aplicação na agricultura.

Além do estudo no ambiente as crianças foram guiadas por uma visita de campo nos laboratórios do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação, onde puderam conhecer um pouco melhor o processo de preparação do fertilizante a base de algas utilizado no cultivo das hortaliças, bem como foram apresentados aos demais estudos realizados no Instituto (Figura 24).



Figura 24. Estudantes do Centro Escola Mangue durante a visita às instalações do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação na imagem podemos observar o interesse dos estudantes ao terem seus primeiros contatos com microscópios.

Em primeiro momento pode ser observado um preconceito e um receio quanto às características alimentícias, e após vivenciarem de perto a experiência de cultivar suas próprias hortaliças, suas visões mudaram, afinal a horta tornou-se um laboratório, e o laboratório pode ser acompanhado em suas próprias casas

Ao final dos estudos pode-se observar como a implantação da horta favoreceu o desenvolvimento das crianças (Figura 25), não apenas no sentido educacional, ou na possibilidade de melhoria nutricional, mas permitiu um olhar além, permitiu o entendimento de que elas podem começar a mudar a sua comunidade.



Figura 25. Um aluno do Centro Escola Mangue, colhendo as primeiras folhas de alface plantadas na horta.

## 5. Conclusão:

Foi possível observar um declínio, tanto em caráter qualitativo quanto quantitativo das algas encontradas na região, mesmo que todo material coletado e identificado tenha sido de origem arribada, quando comparado aos resultados encontrados por outros pesquisadores no mesmo período de anos anteriores. Estes resultados podem estar relacionados aos recentes desastres com derramamento de óleo em alto mar encontrado em todo litoral nordestino, além da influência de alterações climáticas atuais.

Apesar destes distúrbios climáticos, as quantidades de algas coletadas foram suficientes para a confecção de todos os testes. Com os resultados obtidos nos primeiros testes já foi possível observar eficiência da utilização de algas arribadas como adubo, mesmo em substrato neutro, ainda sendo possível obter estímulo para o crescimento anormal da plântula.

Quanto as concentrações testadas, os resultados superaram as expectativas estimadas, ao entender que baixas concentrações do pool de algas pode estimular um rápido desenvolvimento a plantula, e de certa forma, economia para produção.

O estudo com as crianças da comunidade de Brasília Teimosa correspondeu com as expectativas previstas, a implantação da horta vertical resiste apesar da relutância de alguns estudantes em insistir na rega constante, já sendo possível o consumo dos legumes no refeitório do centro escola mangue e a utilização de alguns temperos no preparo da sopa comunitária.

Estudos ainda estão sendo realizados para aprimorar os resultados do substrato a base de algas arribadas, para o tornar ainda mais sustentável e diminuir os custos de produção por motivos de interesse privado.

## Referência bibliográfica

- Arasaki, S. e Arasaki, T. (1983) Low Calorie, High Nutrition Vegetables from the Sea to Help You Look and Feel Better (Vol. 60). Publicações do Japão, Tóquio.
- Araújo, F.K.O. Amorim, E.L.C. Produção de hidrogênio a partir de algas arribadas utilizando pré-htdrólise básica, ABES- congresso brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, nº 102, 2019.
- Araújo, N. H. Produção de Composto a partir de Algas Marinhas Arribadas como Alternativa para Adubação de Hortaliças. Dissertação de Mestrado, UFPB, Programa de Desenvolvimento em Meio Ambiente - PRODEMA, Paraíba/PB, 2016, Brasil
- Areces-Mallea A.J., Cocentino A.L.M., Reis T.N.V., Vasconcelos E.R.T.P.P., Guimarães-Barros N.C. & Fujii M.T. 2015. "Las Macroalgas como bioindicadoras de calidad ambiental y cambios climáticos." ("Repositorio Digital de Informacion: Las Macroalgas como Bioindicadoras ...") Guía práctica. Nascimento E.I. & Fujii M.T. (eds.). Brazilian Journal of Ecology, Vol. 01, Ano 17, 64 p. ISSN 1516-5868.
- Bastos, L. de A. G., Silva, M. C. B. C., & Furtado, G. D. (2019). Compostagem de algas arribadas como ferramenta de Educação Ambiental em uma escola pública. ("COMPOSTAGEM DE ALGAS ARRIBADAS COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ...") *Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)*, 14(1),416–438. Disponível em:<<https://doi.org/10.34024>
- Bezerra, Antonino de Freitas. Cultivo de algas marinhas como desenvolvimento de comunidades costeiras. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Cultura e Desenvolvimento). Natal: UFRN, 2008.
- Boderskov T, Schmedes PS, Bruhn A, Rasmussen MB, Nielsen MM e Pedersen MF, O efeito da disponibilidade de luz e nutrientes no crescimento, nitrogênio e conteúdo de pigmentos de *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) cultivada em tanques ao ar livre, sob variação natural da luz solar e temperatura, durante o outono e início do inverno na Dinamarca. *J Appl Phycol* 28: 1153 – 1165 (2016).
- Bonato, A.; Lemos, Gr.; Callegaro, Gm.; Nagel, Jc.; Sommer, Lr. Substratos e qualidade da luz na produção de microgreens. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, n. 13, pág. e239111335448, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i13.35448. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35448>. Acesso em: 31 jan. 2023.

Bortolucci, P. D., & Pedroso-de-Moraes, C. (2011). "Produção de material didático referente à “macroalgas” marinhas das divisões Chlorophyta, Phaeophyta e Rhodophyta." (“Produção de material didático referente à “macroalgas” marinhas das ...”) Scientia Plena, 7(4).

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de implantação de serviços de práticas integrativas complementares no SUS. [Brasília: MS], 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Marco de referência de educação alimentar e nutricional para as políticas públicas. Brasília: MDS. Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. 2012.

Bredemeier, C.; Mundstock, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000200029>

Brito, P. O. B. D.; Martins, K.; Barbosa, R. M.; Arruda, J. F. D.; Carneiro, P. B. D. M.;Gondim, F. A. Growth, relative chlorophyll content and concentration of inorganic solutes in sunflowers plants supplemented with marine macroalgae organic residue. Ceres, v. 65, n. 5, p. 395- 401, 2018. 10.1590/0034-737x201865050003.

Brito, P.O.B.D et al. Plântulas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas, Revista Verde ISSN 1981-8203 Pombal, Paraíba, Brasilv. 17, n.1, jan.-mar., p. 60-65, 2022 doi: 10.18378/rvads.v17i1.8503

Brasília Teimosa. Prefeitura do Recife. Disponível em: &lt;<http://www.recife.pe.gov.br/especiais/recifeseempalafitas/brasilia.php>&gt;

Carneiro, M.A.A.; Freire, A.M.F; Marinho-Soriano, E. Study on biofiltration capacity and kinetics of nutrient uptake by *Gracilaria cervicornis* (Turner) J. Agardh (Rhodophyta, Gracilariaceae). Revista Brasileira de Farmacognosia (Impresso), v. 21, p. 329-333, 2011.

Censo Demográfico, 2010. Resultados do universo: características da população e domicílios. Disponível em &lt; <http://www.ibge.gov.br>&gt;.

Centro Escola Mangue: Conheça A História, Rio Mar Recife, Recife- PE, 21 de jul de 2019. Disponível em: &lt;Centro Escola Mangue: conheça a história | RioMar Recife (vivariomarrecife.com.br)

- Cavalcanti M.I.L.G. & Fujii M.T. 2021a. Algas Arribadas da Costa Brasileira: biodiversidade e potencial de aproveitamento. Editora CRV, Curitiba. 279p.
- Cavalcanti M.I.L.G., González-Sánchez P.M. & Fujii M.T. 2022. Comparison of the diversity and biomass of beach-cast seaweeds from NE and SE Brazil, *European Journal of Phycology* 57(3): 367-376 <https://doi.org/10.1080/09670262.2021.2003867>
- Deitos, Leonardo. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja sob diferentes tratamentos com bioestimulante a base de algas marinhas. Trabalho de conclusão de curso (graduação), Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2022.
- Duarte C.M & Krause-Jensen, D. Export from seagrass meadows contributes to marina carbon sequestration. *Front. Mar. Sci.* 4.13 (2017).
- Ferreira, A.B.G. Macroalgas marinhas: conhecimentos tradicionais e serviços ecossistêmicos. DISSERTAÇÃO (mestrado)- UFRN, Natal, 2020
- Ferreira, G.S; Brito, P.O.B; Aderaldo, F.I.C. Algas arribadas da Praia do Pacheco, Ceará. *Verde de agroecologia e Desenvolvimento sustentável*, GVAA, 15:2, Pg 208-214, 2020
- Fujii MT, Guimarães SMPB, Gurgel CF, Fredericq S 2006. Characterization and phylogenetic affinities of the red alga *Chondrophycus flagelliferus* (Rhodomelaceae, Ceramiales) from Brazil on the basis of morphological and molecular evidence. *Phycologia* 45: 432-441
- Furtado, G. D., Ferreira, E. G., de Araújo, N. H., Costa, D. de A., & da Silva, F. de A. (2017). Experiência Com A Prática De Compostagem Em Comunidade Pesqueira Da Praia Da Penha-Pb. *Revista De Ciências Da Saúde Nova Esperança*, 15(2), 21–26. <https://doi.org/10.17695/revcsnevol15n2p21-26>
- Gaspar, Lúcia. Brasília Teimosa. In: Pesquisa Escolar. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2006. Disponível em: <https://pesquisaescolar.fundaj.gov.br/pt-br/artigo/brasil-ia-teimosa-bairro-recife/>.
- Gil de Carvalho e Elisabete Frollini, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, C. P. 780, São Carlos, CEP:13560-970, SP. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* - Jan/Mar – 99
- Harb, TB, Pereira, MS, Cavalcanti, MIL *et al.* Atividade antioxidante e composição química relacionada de extratos de algas marinhas, marinhas brasileiras: oportunidades de transformar um resíduo em um recurso. *J Appl Phycol* 33, 3383–3395 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02446-8>

- Heather L. Spalding, Gilberto M. Amado-Filho, Ricardo G. Bahia. Mesophotic Coral Ecosystems, Volume 12, ISBN : 978-3-319-92734-3, 2019.
- Horta, P. A., Salles, J. P., Bouzon, J. L., Scherner, F., Cabral, D. Q. & Bouzon, Z. L. 2008. Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil: implicações para a conservação. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 243-257.
- IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável, ODS2, pag49- 60, 2018.
- Johns, M.E., Lumpikin, E., Putman, N.F., Smith, R. H., Muller-Karger, F.E., Rueda-Roa, D.T., Hu, C., Wang, M., Brooks, M.T., Gramer, L.J., Werner, F.E. 2020. The establishment of a pelagic Sargassum population in the tropical Atlantic: Biological consequences of a basin-scale long distance dispersal event. *Progress in Oceanography* 182: 1-26.
- Krause-Jensen, D. & Duarte, C. M. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nat. Geosci.* 9, 737–742 (2016).
- Laffoley, D., H. Roe, M. Angel, J. Ardron, N. Bates, L. Boyd, S. Brooke, K. Buck, C. Carlson, B. Causey, M. Conte, S. Christiansen, J. Cleary, J. Donnelly, S. Earle, R. Edwards, K.Gjerde, K, S. Giovannoni, S. Gulick, M. Gollock, J. Hallet, P. Halpin, R. Hanel, A.Hemphill, R. Johnson, A. Knap, M. Lomas, S. McKenna, M. Miller, P. Miller, F. Ming, R. Moffitt, N. Nelson, L. Parson, A. Peters, J. Pitt, P. Rouja, J. Roberts, J. Roberts, D. Seigel, A. Siuda, D. Steinberg, A. Stevenson, V. Sumaila, W. Swartz, T. Trott, and V. Vats. 2011. The Protection and Management of the Sargasso Sea: The Golden Floating Rainforest of the Atlantic Ocean: Summary Science and Supporting Evidence Case. Sargasso Sea Alliance, 44 pp.
- Layrargues, P.P. Subserviência ao capital: educação ambiental sob o signo do antiecológico. *Pesquisa em Educação Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 28-47, 2018
- Lee, R. (2018). Características Básicas das Algas. Em *Ficologia* (pp. 2-30). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781316407219.00
- Lima, A. P. S.; CARNEIRO, R. N.; MEIRELES, A. J. de A. Ecosistema banco de algas e identidade territorial no município de Icapuí/Ce: Comunidade Tradicional pesqueira e meio técnico-científico-informacional. *Eletrônica do PRODEMA*, v.8, n.2, p. 2, p. 35-49, 2014.

- Loya, Yossi; Puglise, Kimberly A.; Ponte, Tom CL. [Recifes de Coral do Mundo] Ecosistemas de Corais Mesofóticos Volume 12 || Macroalgas. (2019), (Capítulo 29), 507-536. doi:10.1007/978-3-319-92735-0\_29
- Maia, I.S; Lopes, B.C; Alves, V.C.F; Jácome, A.A.B; Dantas, N.C.F.M; Composição centesimal da matéria seca de macroalgas marinhas *Gracilaria birdiae* cultivados no município de Rio de Gogo (RN), Brasil. Tópicos em Ciências Agrárias - Volume 6, Editora Poisson, Cap. 6, Pag: 58-63, Belo Horizonte – MG, 2020.
- Machado, B.A.S., Desenvolvimento e caracterização de filmes flexíveis de amido de mandioca com nanocelulose de coco. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011
- Menezes M., Bicudo C.E.M., Moura C.W.N. et al. 2015. Update of the Brazilian floristic list of Algae and Cyanobacteria. *Rodriguésia* 66: 1047-1062.
- Miloslavich P, Klein E, Díaz JM, Hernández CE, Bigatti G, Campos L, et al. (2011) Biodiversidade Marinha nas Costas Atlântica e Pacífica da América do Sul: Conhecimentos e Lacunas. *PLoS ONE* 6(1): e14631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014631>
- Santos, G.N,Santos O.N, dos Anjos Pedreira, F., Itaparica Ríos, G., Nascimento Costa Vasconcelos, J., & de Castro Nunes, J. M. (2013). Análise quali-quantitativa das algas arribadas do norte do Estado da Bahia, Brasil. Qualitative and quantitative analysis of arribadas algae North of Bahia State, Brazil. *Acta Botanica Malacitana*, 38, 13-24. <https://doi.org/10.24310/abm.v38i0.2647>
- Nauer, F., & Lopes Filho, E. A. P. (2017). Introdução às macroalgas marinhas. In: *BOTÂNICA NO INVERNO 2017*. Org. Amorim, A. M. P. B. et al. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 15-22p
- Panaitescu, D.M., Frone, A.N., Chiulan, I., “Nanostructured biocomposites from aliphatic polyesters and bacterial cellulose”, *Industrial Crops and Products*, v. 93, pp. 251–2
- Pedrini, A de G. (org) 2011. Macroalgas (Chlorophyta) e gramas (*Magnoliophyta*). Technical books, Rio de Janeiro.
- Pereira, L. (2009). Guia ilustrado das Macroalgas. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 90p.

- Pseudo-opuntia of Halimeda: phylogenetic analyses of *H. soniae* sp. nov. (Bryopsidales, Chlorophyta) along the Brazilian coast. *Botanica Marina* 62: 1-8.
- Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. *Biologia Vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. cap. 15, p. 628- 712.
- Renna, M. et al. Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. *Nutrients*, v. 10, p. 675. Disponível em: [www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients). Acesso em: 7 abr. 2020.
- Santos, A. A.; Cocentino, A. L. M.; Reis, T.N.V. Macroalgas como indicadoras da qualidade ambiental da praia de Boa Viagem, Pernambuco, Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE* 14: 25-33, 2006
- Santos, Fabio Lemes. Diferentes substratos no desenvolvimento de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). UFFS, 2019.
- Santos, Liliane Barbosa. Caracterização das comunidades algais na área de preservação ambiental dos recifes de corais (APARC), RN: subsídios para monitoramento e conservação. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Natal: UFRN, 2015.
- Santos, I.M.T.S. Amorim, E.L.C. Produção de metano a partir de algas arribadas marinhas em reatores anaeróbios em batelada, ABES-Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, N<sup>a</sup> 94, 2019.
- Santos, V.S., Santos, V.S.D., Fernandes, R.D.S., et al., “Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e *Cúrcuma longa*”, *Matéria* (Rio J.), v. 26, n. 1, e12926, 2021.
- Silva Jr., C. P. (2022). Influência dos parâmetros oceanográficos na composição e biomassa de algas arribadas em duas praias de Pernambuco. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Silva, I. B.; Fujii, M. T.; Marinho-Soriano, E. Influence of tourist activity on the diversity of seaweed from reefs in Maracajaú, Atlantic Ocean, Northeast Brazil. (“SciELO - Brasil - Influence of tourist activity on the diversity of ...”) *Farmacognosia*, v. 22, n. 4, p. 889-893, 2012. 10.1590/S0102- 695X2012005000078.

- Sudhakar K, Anand Trishna, Srivastava Tulika, Premalatha M. Assessment of carbon mitigation potential of various biofuels in Indian context. *Int J Chem Tech Res* 2013;5(5):2456–61.
- Sudhakar K, Rajesh M, Premalatha M. A Mathematical model to assess the potential of algal bio- fuels in India. *Energy Sources Part A Recovery Util Environ*;34(12):1114–20. (2012) <http://dx.doi.org/10.1080/15567036.2011.645121>.
- Sudhakar, K. Et Al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Received 27 May 2017; Received in revised form 25 November 2017; Accepted 31 March 2018. the description of *Halimeda jolyana* sp.nov. *Phycologia* 56: 369-381.
- United Nations, 2015. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Resolution A/RES/70/1 adopted by the General Assembly. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20of%20Sustainable%20Development%20web.pdf>>.
- Vasconcelos E.R.T.P.P., Vasconcelos J.B., Reis T.N.V., Cocentino A.L.M., Areces A., Martins G., Neto A.I. & Fujii M.T. 2019. Macroalgal responses to coastal urbanization: relative abundance of indicator species. *Journal of Applied Phycology* 31: 893–903 [doi.org/10.1007/s10811-018-1639-3](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1639-3)
- Vila Nova, L.L. ET AL. Utilização De “Algas Arribadas” Como Alternativa Para Adubação Orgânica Em Cultivo De Moringa (*Moringa oleífera* Lam.), *Rev. Oricuri*, V.4, n.3, 2014.
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B.B., Mitchum, G., Lapointe, B., Montoya, J.P., 2019. The great Atlantic Sargassum belt. *Science* 365, 83–87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>.
- Wan, A.H.L, Davies,S.J. Soler-Vila. A. Fitzgerald, R. Johnson, P.M. Macroalgae as a sustainable aquafeed ingrediente. *Reviews in Aquaculture*, 16 Abr, 2018. <https://doi.org/10.1111/raq.12241>
- Weber, H. - “Foamed Plastics”. In: Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. A 11, p. 435 - 463, VHC, Wiesbaden (1985).
- WEBER, C. F. Broccoli microgreens: a mineral rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*, n. 4. 2017.
- Xião, Z. et al. Microgreens of brassicaceae: mineral composition and content of thirty varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 49, p. 87-93, 2016.
- Ximenes C.F., Oliveira-Carvalho M.F., Bandeira-Pedrosa M.E. & amp; Cassano V. 2019. Updates on Section