



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS.**

PAULO OVÍDIO BATISTA DE BRITO

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE ALGAS ARRIBADAS COMO
FERTILIZANTE SOBRE A FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DE PLANTAS DE
GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.) SUBMETIDAS AOS ESTRESSES HÍDRICO
E SALINO**

Maracanaú, Ceará

- 2020 -

PAULO OVÍDIO BATISTA DE BRITO

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE ALGAS ARRIBADAS COMO
FERTILIZANTE SOBRE A FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DE PLANTAS DE
GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.) SUBMETIDAS AOS ESTRESSES HÍDRICO
E SALINO**

Dissertação de Mestrado apresentada como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Energias Renováveis, outorgado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE - *Campus* Maracanaú

**ORIENTADOR:
PROF. Dr. FRANKLIN ARAGÃO GONDIM**

Maracanaú, Ceará

- 2020 -

Dedico esse trabalho,
Aos meus pais
Paulo Sergio Alves de Brito e
Maria Vânia Araújo Batista,
Com muito amor!

PAULO OVÍDIO BATISTA DE BRITO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Energias Renováveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis, área de concentração Energias Renováveis.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Franklin Aragão Gondim (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Roberto Albuquerque Pontes Filho (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Pedro Bastos de Macedo Carneiro
Universidade Federal do Piauí- UFPI

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B862a Brito, Paulo Ovidio Batista.
ANÁLISE DOS EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE ALGAS ARRIBADAS COMO FERTILIZANTE
SOBRE A FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DE PLANTAS DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)
SUBMETIDAS AOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO / Paulo Ovidio Batista Brito. - 2020.
69 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Energias Renováveis, Campus
Maracanaú, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim.
1. Girassol. 2. Macroalgas. 3. Estresse hídrico. 4. Estresse Salino. I. Título.
- CDD 620.91
-

AGRADECIMENTOS

Ao professor e amigo Franklin Aragão Gondim pelas contribuições na minha formação através de sua orientação, confiança e incentivo a buscar sempre o melhor de mim.

Aos componentes da banca, aos professores Pedro Bastos de Macedo Carneiro e Roberto Albuquerque Pontes Filho pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis – PPGER – IFCE – *Campus* Maracanaú e a todos os professores e funcionários que compõem o programa.

Aos meus pais Maria Vânia Araújo Batista e Paulo Sergio Alves de Brito pelo apoio, compreensão e incentivo.

A minha namorada Gabriela de Sousa Ferreira pelo amor, companheirismo e ajuda em todas as etapas, e por estar sempre ao meu lado me incentivando a alcançar meus objetivos.

A minha amiga e colega de pesquisa Janacinta Nogueira, por sofrer comigo nos últimos dois anos, mas sempre com um pensamento positivo.

Aos demais amigos do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal do Ceará *Campus* Maracanaú, Professor Roberto Albuquerque, Rifandreo, Jullyanne, Ícaro, e todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram a atingir esse objetivo.

RESUMO

BRITO, P. O. B. **Análise dos Efeitos da Utilização de Algas Arribadas Como Fertilizante Sobre a Fisiologia e Bioquímica de Plantas de Girassol (*Helianthus annuus* L.) Submetidas aos Estresses Hídrico e Salino.** Orientador: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. 68p. (Dissertação). 2020.

Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da utilização de um composto fertilizante produzido a base de espécies variadas de macroalgas marinhas na fisiologia e bioquímica de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) crescendo sob condições controle (irrigadas), de estresse hídrico ou de estresse salino. A presente dissertação foi dividida em três experimentos independentes que resultaram na produção de três capítulos, cada um correspondendo a um artigo científico. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação localizada na cidade de Maracanaú, no estado do Ceará, Brasil, utilizando sementes de girassol, cultivar e BRS 323 cedidas pela Embrapa Produtos e Mercado. No primeiro experimento, realizou-se a análise comparativa entre espécies de macroalgas marinhas como substrato visando a escolha daquela que melhor proporcionasse o crescimento das plantas de girassol. Dos resultados encontrados, para as variáveis biométricas, a utilização de algas mistas, sem a pré-seleção de espécies, se mostrou mais eficiente às condições experimentais empregadas, sendo, dessa forma, utilizadas nos experimentos posteriores em condições de estresse hídrico e salino, cuja concentração foi baseada no teor de nitrogênio (N) total desse composto. No segundo experimento, foram analisadas as respostas do cultivar BRS 323 em substrato de macroalgas mistas sujeito à condição de estresse salino. Avaliaram-se variáveis biométricas, teores relativos de clorofila e atividade enzimática antioxidativa. Os resultados demonstraram que o composto de algas mistas, nas condições experimentais empregadas, proporcionou melhor crescimento das plantas de girassol. Adicionalmente, com destaques para os maiores incrementos verificados nos tratamentos que receberam 50% da recomendação de N em composto de algas. Além disso, foram observados aumentos nas atividades das enzimas antioxidativas em folhas de plântulas de girassol suplementadas com composto de algas. Assim, sugere-se que o aumento em atividade enzimática tenha contribuído para reduzir os efeitos deletérios no crescimento da parte aérea em plântulas submetidas a estresse salino. No terceiro experimento, avaliaram-se as variáveis biométricas e a produção de matéria seca em plântulas de girassol

suplementadas com macroalgas e submetidas a estresse hídrico (Imposto pela suspensão da irrigação por um período de 7 dias). Verificaram-se maior produção de matéria seca e maiores valores de altura nos tratamentos suplementados com algas, tanto em condições controle como de estresse hídrico. Assim, é possível afirmar que as macroalgas marinhas podem ser utilizadas como fonte de nutrientes para plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), mesmo em condições de estresse hídrico ou salino. Recomenda-se a utilização de algas mistas e dosagem de 50% da recomendação de nitrogênio.

Palavras-chave: Girassol; Macroalgas; Estresse hídrico; Estresse Salino.

ABSTRACT

BRITO, P. O. B. **Analysis of the Effects of Using Algae Arribados as a Fertilizer on the Physiology and Biochemistry of Sunflower Plants (*Helianthus annuus* L.) Underwater and Salt Stress.** Advisor: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. 68p. (Dissertation). 2020.

This work aimed to analyze the effects of the use of a fertilizer compost produced from varied species of marine macroalgae on the physiology and biochemistry of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants growing under control (irrigated), water stress or saline stress. This dissertation was divided into three independent experiments that resulted in the production of three chapters, each corresponding to a scientific article. The experiments were conducted in a greenhouse located in the city of Maracanaú, in the state of Ceará, Brazil, using sunflower seeds, cultivar and BRS 323 provided by Embrapa Produtos e Mercado. In the first experiment, a comparative analysis between species of marine macroalgae was performed as a substrate in order to choose the one that best provided the growth of sunflower plants. From the results found, for the biometric variables, the use of mixed algae, without the pre-selection of species, proved to be more efficient to the experimental conditions employed, being, therefore, used in the subsequent experiments in conditions of water and salt stress, whose concentration was based on the total nitrogen (N) content of this compound. In the second experiment, the responses of the cultivar BRS 323 in mixed macroalgae substrate subject to the salt stress condition were analyzed. Biometric variables, relative chlorophyll levels and antioxidative enzyme activity were evaluated. The results showed that the compound of mixed algae, under the experimental conditions used, provided better growth of sunflower plants. Additionally, with highlights for the largest increments seen in the treatments that received 50% of the N recommendation in algae compost. In addition, increases in the activities of antioxidative enzymes were observed in sunflower seedlings supplemented with algae compost. Thus, it is suggested that the increase in enzyme activity has contributed to reduce the deleterious effects on shoot growth in seedlings subjected to salt stress. In the third experiment, biometric variables and dry matter production were evaluated in sunflower seedlings supplemented with macroalgae and subjected to water stress (imposed by the suspension of irrigation for a period of 7

days). Higher dry matter production and higher height values were observed in treatments supplemented with algae, both in control and water stress conditions. Thus, it is possible to state that marine macroalgae can be used as a source of nutrients for sunflower plants (*Helianthus annuus* L.), even under conditions of water or salt stress. It is recommended to use mixed algae and 50% of the nitrogen recommendation.

Keywords: Sunflower; Macroalgae; Drought stress; Salt stress.

LISTA DE FIGURAS

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1

Figura 1. Vista parcial das algas arribadas da Praia do Pacheco, Caucaia, Ceará.....27

Figura 2. (A) *Hypnea pseudomusciformis* e (B) *Ulva fasciata*.....27

Figura 3. Plantas de girassol aos 20 dias após a semeadura em substratos contendo: (A) areia; (B) húmus a 100% da recomendação de nitrogênio - RN; (C) algas mistas a 100% da RN; (D) algas mistas a 50% da RN; (E) *Hypnea pseudomusciformis* a 100% da RN; (F) *Hypnea pseudomusciformis* a 50% da RN; (G) *Ulva fasciata* 100% da RN; (H) *Ulva fasciata* a 50% da RN.....29

Figura 4. (A) Altura das plantas, (B) Diâmetro dos caules, (C) Número de folhas e (D) Teores relativos de clorofila em plântulas de girassol aos 20 dias após semeadura suplementada com húmus de minhoca, algas mistas, *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata* a 50 ou 100% da recomendação de nitrogênio (RN).....30

Figura 5. (A) Massa seca da parte aérea, (B) da raiz e (C) total de plantas de Girassol aos 20 dias após semeadura suplementadas com húmus de minhoca, algas mistas, *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata* a 50 ou 100% da recomendação de nitrogênio (RN).....31

EXPERIMENTO II

ARTIGO 2

Figura 1. Altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100

mM	aos	19	dias	após	
semeadura.....					40

Figura 2. Massa Seca da Raiz (A), Massa Seca da Parte Aérea (B), Massa Seca Total (C) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100 mM aos 19 dias após semeadura.....42

Figura 3. Atividade das enzimas peroxidase do guaiacol – GPX (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), catalase – CAT (C) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100 mM aos 19 dias após semeadura.....45

EXPERIMENTO III

ARTIGO 3

Figura 1. Altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam os valores das médias de 5 repetições.....58

Figura 2. Massa Seca da Raiz (A), Massa Seca da Parte Aérea (B), Massa Seca Total (C), de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam os valores das médias de 5 repetições.....61

LISTA DE TABELAS

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1

Tabela 1. Quantidade de nitrogênio total presente nas amostras de *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, algas mistas e húmus de minhoca comercial.....

EXPERIMENTO III

ARTIGO 3

Tabela 1. Resumo das análises de variância da altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (D), número de folhas (NF) e teores relativos de clorofila (TRC) em de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico.....55

Tabela 2. Resumo das análises de variância da massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), em de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico.....58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Macroalgas marinhas	15
2.2. A cultura do girassol	16
2.3. O estresse hídrico em plantas	17
2.4. O estresse salino em plantas	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
4. OBJETIVOS	24
2.1. Objetivo geral	24
2.4. Objetivos específicos	24
5. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL	24
ARTIGO 1 (Crescimento e teores relativos de clorofila em plantas de girassol suplementadas com algas mistas – <i>Hypnea pseudomusciformis</i> ou <i>Ulva fasciata</i>) ..26	
RESUMO	27
ABSTRACT	27
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS	29
DISCUSSÃO	32
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	33
ARTIGO 2 (Crescimento e atividade enzimática antioxidativa de plantas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas)	35
RESUMO	36
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	47

REFERÊNCIAS	47
ARTIGO 3 (Crescimento de plantas de Girassol sob condições de estresse hídrico suplementadas com algas marinhas)	50
RESUMO	51
ABSTRACT	52
INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
ANEXOS	67

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola é uma importante etapa dentro do sistema produtivo, porém, apresenta alta dependência de insumos. A utilização de materiais renováveis como fonte de nutrientes, além de ser uma solução interessante para destinação dos resíduos, é também ser uma alternativa para a redução dos altos custos de insumos (TRAZZI *et al.*, 2013).

O aproveitamento de resíduos é uma prática de gestão ambiental prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010. Além do aspecto ambiental, a utilização de resíduos de origem orgânica também possibilita a redução dos custos de produção (BRITO *et al.*, 2018).

Um dos efeitos da dinâmica das marés é o acúmulo de grandes volumes de algas nas regiões de abrasamento durante a maré baixa. Essas algas são denominadas de “algas arribadas”. É comum que ocorra a remoção desse material para um posterior descarte, por empresas de limpeza urbana (NOVA *et al.*, 2014). No entanto, é de conhecimento geral que essa remoção não ocorre em toda faixa de areia do litoral cearense (BRITO *et al.*, 2018), fazendo com que esse material rico em nutrientes não seja aproveitado de forma eficiente.

O Brasil é um país rico em diversidade de macroalgas marinhas. Dispõe cerca de 800 táxons identificados em sua flora litorânea, a utilização desse recurso representa grande potencial para a agricultura (MACHADO *et al.*, 2011).

A utilização de algas marinhas é bem disseminada em países da Ásia, como China e Japão. O consumo tem aumentado na América do Norte e do Sul, assim como na Europa, consistindo em um produto multifuncional, utilizado na alimentação humana, na indústria de cosméticos, e como fertilizante (VENUGOPAL, 2011).

O girassol apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônômico, como curto ciclo de vida, elevada produtividade, qualidade e rendimento em óleo. Sendo assim um constituinte de sistemas de produção de grãos e biodiesel (ARAÚJO, 2012).

Diante o exposto, o projeto teve como objetivo testar diferentes espécies de macroalgas marinhas encontradas na praia do Pacheco, Caucaia, Ceará, como fertilizante orgânico no cultivo de girassol, analisando qual *táxon* ocasiona melhores resultados no crescimento vegetal, e posteriormente, analisar os efeitos desse determinado substrato em condições de estresse hídrico e salino.

A pesquisa possui relação tanto com o viés da sustentabilidade, quanto da educação ambiental. O primeiro ponto a ser destacado é a coleta do material, uma vez que a utilização desse material como fertilizante garante uma destinação adequada a esses resíduos. O outro ponto é a produção do fertilizante orgânico, que é feito basicamente da lavagem, secagem e trituração do material, sendo de baixo custo e de fácil produção, dessa forma, um fertilizante orgânico de fácil obtenção, em escala caseira, pode ajudar o pequeno produtor rural, diminuindo seus custos e enriquecendo seu solo, possibilitando maior produção. Dessa forma, acredita-se que a pesquisa é válida podendo ter seus resultados empregados em pequenas comunidades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Macroalgas marinhas

O termo “macroalgas” refere-se a toda alga visível a olho nu, os principais grupos taxonômicos que representam as macroalgas são: Rhodophyta (vermelho), Chlorophyta (verde) e Ochrophyta (marrom). Como as plantas terrestres, o conteúdo nutricional nas macroalgas pode variar bastante entre espécies, gêneros, divisões, estações e locais. Além de seu valor nutricional básico, as algas marinhas contêm vários pigmentos, compostos defensivos e de armazenamento e metabolitos (WAN, 2018).

As macroalgas são a base de ecossistemas com vegetação submersa em águas costeiras rasas em todo o mundo. Eles estão entre os mais produtivos habitats em terra ou no mar, fornecem habitat para diversos animais (LEFCHECK, 2018). Além de fornecer proteção costeira e armazenamento de carbono (FILBEE-DEXTER; WERNBERG, 2018).

As macroalgas contêm níveis variados de nutrientes, dependendo da espécie, estação da colheita, origem geográfica e ambiente condições (ØVERLAND, 2019). Se estabelecem em substratos duros e crescem luxuriantemente ao longo da zona costeira rica em nutrientes (RAMACHANDRA, 2020).

A utilização de macroalgas a nível global, juntamente com os numerosos produtos a elas associados geram entre 8 e 16,1 bilhões de dólares, anualmente. Cerca de 90% deste valor corresponde a produtos alimentares para consumo humano, sendo o restante devido às indústrias de hidrocolóides, focadas no ágar, alginatos e carragenanas, projetando-se que este mercado atingirá EUA\$17,59 bilhões até 2021 (MAC MONAGAIL *et al.*, 2017).

Dapper *et al.* (2014), verificaram a aplicação das algas marinhas para a agricultura, obtendo resultados positivos que comprovaram que o uso desse resíduo atua nos mecanismos de defesa vegetal, controle de doenças e indução do crescimento da planta. Tal fato pode ser atribuído ao grupamento de proteínas, polissacarídeos, minerais e vitaminas presentes nas algas.

2.2. A cultura do Girassol

A estrutura física do girassol é composta por raízes pivotantes e com ramificações, as quais serão importantes para garantir a fonte de nutrientes e água. Seu caule é do tipo herbáceo composto por um tecido aquoso e esponjoso, e sua coloração vai variar de verde, no período de floração, e amarelo, no período da colheita. As folhas são alternadas e pecioladas com formatos e tamanhos variados. A inflorescência é do tipo capítulo e tem grande importância no processo de polinização cruzada (FREIRE, 2016).

O girassol passou a ser produzida em larga escala no Brasil entre os anos de 1997 e 1998, com uma safra de 15,8 mil toneladas (grãos) em 12,4 mil hectares cultivados. A cultura vem crescendo desde então, alcançou seu recorde na safra de 2014/2015, com 153 mil toneladas, com rendimento médio de 1.374 kg ha⁻¹. Na última safra registrada (2018/2019) os valores foram de 62,8 mil hectares cultivados e produção de 104,9 mil toneladas. Apesar dos valores expressivos, a maior parte da produção é concentrada da Região Centro-Oeste, na última década mais da metade da produção nacional veio do estado do Mato Grosso, enquanto o Nordeste só teve participação na produção nacional entre os anos de 2006 e 2013 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2020).

No Nordeste, o girassol ainda não é muito cultivado e, quando ocorre, são obtidos baixos rendimentos devido ao baixo nível tecnológico utilizado pelos agricultores. No entanto, o girassol possui alto potencial para cultivo no Nordeste do Brasil por sua fácil adaptação, grande potencial agroenergético, fácil gerenciamento e boa performance econômica (BRAGA, 2018).

É uma cultura de grande interesse agrônomo devido às suas características como ciclo de vida curto, resistente às condições de limitação hídrica, tolerante ao frio e calor, adaptável às diferentes regiões e fotoperíodos. Além disso, propicia ao solo uma

melhora oriunda de seu sistema radicular, diminuindo os problemas com pragas e doenças nas culturas posteriores (SANTOS *et al.*, 2015).

Essa cultura apresenta várias finalidades de uso, como: flor ornamental, grãos *in natura*, farelo para alimentação animal, forragem e silagem. No entanto, atualmente, a principal finalidade da produção de girassol é a extração de óleo comestível (SMANIOTTO, 2020).

2.3. O estresse hídrico em plantas

A condição de seca é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola em regiões áridas e semiáridas. Nesses ambientes, as plantas podem enfrentar situações de déficit hídrico devido à limitada disponibilidade de água no solo, ou quando a taxa evapotranspiratória torna-se excessiva (GHOBADI *et al.*, 2013).

O estresse hídrico ou déficit hídrico pode ser definido como a quantidade de água abaixo do ideal para o crescimento e desenvolvimento de plantas. A ocorrência de déficit hídrico em espécies vegetais cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento de culturas em todo o mundo (SANTOS; CARLESSO, 1998).

De modo geral, em condições de déficit hídrico as plantas tendem a fechar seus estômatos como resposta inicial, com a finalidade de reduzir a taxa de transpiração. Assim, a taxa fotossintética é reduzida devido à menor disponibilidade de CO₂, podendo causar aumento da respiração. A baixa concentração de CO₂ na etapa bioquímica da fotossíntese reduz a oxidação de NADPH no ciclo de Calvin-Benson, e, conseqüentemente, sua disponibilidade sob a forma de NADP⁺ na etapa fotoquímica. Desse modo, este processo pode gerar a transferência de elétrons da ferredoxina reduzida no fotossistema I ao O₂, e aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio ROS (do inglês *Reactive Oxygen Species*), com danos ao aparato fotossintético e estresse oxidativo (PEREIRA *et al.*, 2012; GHOBADI *et al.*, 2013; CERQUEIRA *et al.*, 2015).

As ROS são produzidas naturalmente através do metabolismo celular de organelas como as mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (KARUPPANAPANDIAN *et al.*, 2011), sendo produzidos o oxigênio singlete (O₂), o radical superóxido ($\bullet\text{O}_2^-$) e hidroxil ($\bullet\text{OH}$) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

(SHARMA *et al.*, 2012). Atuando inicialmente como moléculas sinalizadoras de defesa em plantas.

Dentre as enzimas eliminadoras de ROS presentes em células vegetais, destacam-se a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e as peroxidases (POX) (MITTLER, 2002). Essas enzimas agem em meios de defesa das células contra as espécies reativas de oxigênio, cuja atividade beneficia a qualidade fisiológica das sementes (MARTINS *et al.*, 2012).

2.4. O estresse salino em plantas

A salinidade no solo é um fator frequente em regiões semiáridas em todo o mundo, ocasionada pela baixa precipitação e alta taxa de evaporação, podendo ser agravada com o uso inadequado do solo em processos produtivos (GONÇALVES, 2020).

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais comprometem produção agrícola, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde os problemas causados pela salinização são ainda mais acentuados devido às características do solo, condições climáticas e manejo inadequado da irrigação, o que pode favorecer o acúmulo de sais no solo (COVA *et al.*, 2016).

O estresse salino pode induzir modificações fisiológicas e comprometer o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas (FREIRE *et al.*, 2014). Manifesta-se por reduções no crescimento, matéria fresca e na fotossíntese, atividades de troca, distúrbios na permeabilidade da membrana e equilíbrio iônico (CAVALCANTE *et al.*, 2010), além de danificar a condutância estomática e resistência difusiva, transpiração e temperatura foliar (TAIZ *et al.*, 2017).

O aumento da concentração de sais na solução do solo faz com que a água se torne cada vez menos disponível para as plantas e, uma vez que o solo tenha reduzido o potencial osmótico na solução, a extração de água pelas plantas é substancialmente afetada (IQBAL *et al.*, 2014).

A salinidade afeta os processos exógenos à planta até o final de seu ciclo, e é importante procurar novas informações sobre os efeitos que ocorrem na planta. Devido às várias perdas causadas na agricultura, também é necessário melhorar técnicas de manejo relacionadas ao solo, água ou culturas resultantes em maior tolerância à salinidade, que são de grande relevância à manutenção do rendimento agrícola em solos

com excesso de sais. Embora já existam muitos estudos na literatura, várias lacunas ainda precisam ser preenchidas devido aos diferentes efeitos observados em diferentes plantas (NEGRÃO *et al.*, 2017).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, T. V. O., LIMA, A. D., MARINHO, A. B., DE LIMA DUARTE, J. M., DE AZEVEDO, B. M., & COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

BRAGA, B. B.; Gondim, F. A.; Junior, F. H. N.; de Oliveira Paiva, S. I.; Martins, R. M.; Pontes Filho, R. A. Efeitos da suplementação com resíduo da atividade da carcinicultura em plantas de girassol submetidas a condições de estresse hídrico. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 591-605, 2017.

BRITO, P. O. B. D., MARTINS, K., BARBOSA, R. M., ARRUDA, J. F. D., CARNEIRO, P. B. D. M., & GONDIM, F. A. Crescimento, teores relativos de clorofila e concentrações de solutos inorgânicos em girassóis suplementados com resíduo orgânico de macroalgas marinhas. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 395-401, 2018.

CAVALCANTE, L. F., CORDEIRO, J. C., NASCIMENTO, J. A. M., CAVALCANTE, Í. H. L., & DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 1281-1289, 2010.

CERQUEIRA, R. C.; COSTA, J. M.; CHAVES, M. M.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 211-217, 2015.

COVA, A. M. W., DE AZEVEDO NETO, A. D., RIBAS, R. F., GHEYI, H. R., & MENEZES, R. V. Effect of salt stress on growth and contents of organic and inorganic compounds in noni (*Morinda citrifolia* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 43, p. 2401-2410, 2016.

DAPPER, T. B.; PUJARRA, S.; OLIVEIRA, A. J. de; OLIVEIRA, F. G. de; PAULERT, R. Potencialidades das macroalgas marinhas na agricultura: revisão. **Agronegócios e Meio Ambiente**, v.7, n.2, p. 295-313, 2014.

DOS SANTOS, A. M. P. B., PEIXOTO, C. P., ALMEIDA, A. T., DOS SANTOS, J. M. D. S., & MACHADO, G. D. S. Amanho ótimo de parcela para a cultura de girassol em três arranjos espaciais de plantas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 265-273, 2015.

FILBEE-DEXTER, Karen; WERNBERG, Thomas. Rise of turfs: a new battlefield for globally declining kelp forests. **Bioscience**, v. 68, n. 2, p. 64-76, 2018.

FREIRE, J. L. D. O., DIAS, T. J., CAVALCANTE, L. F., FERNANDES, P. D., & LIMA NETO, A. J. D. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREIRE, J. D. O. (2016). Cultivo do girassol irrigado sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. Tese Doutorado.

GHOBADI, M.; TAHERABADI, S.; GHOBADI, M.; MOHAMMADI, G.; JALALI-HONARMAND, S. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 29-38, 2013.

GONÇALVES, M. D. P. M., FELICIANO, A. L. P., DE PAULA SILVA, A., DA SILVA, L. B., DA SILVA, K. M., DA SILVA JÚNIOR, F. S., & DA SILVA, M. I. O. Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1216-1226, 2020.

IQBAL, N., UMAR, S., KHAN, N. A., & KHAN, M. I. R. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: regulation of proline metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, v. 100, p. 34-42, 2014.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, p. 709-725, 2011.

LEFCHECK, J. S., HUGHES, B. B., JOHNSON, A. J., PFIRRMANN, B. W., RASHER, D. B., SMYTH, A. R., & ORTH, R. J. Are coastal habitats important nurseries? A meta-analysis. **Conservation Letters**, v. 12, n. 4, p. e12645, 2019.

MACHADO, L. P., DA SILVA BISPO, W. M., MATSUMOTO, S. T., REIS, F. O., DOS SANTOS, R. B., & DE OLIVEIRA Jr, L. F. G. Triagem de macroalgas com potencial antifúngico no controle in vitro da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 4, 2011.

MAC MONAGAIL, M., CORNISH, L., MORRISON, L., ARAÚJO, R., & CRITCHLEY, A. T. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. **European Journal of Phycology**, v. 52, n. 4, p. 371-390, 2017.

MARTINS, D. C., VILELA, F. K. J., Guimarães, R. M., Gomes, L. A. A., & Silva, P. A. D. Physiological maturity of eggplant seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 534-540, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. www.gov.br/agricultura/pt-br. Disponível em: <www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 02 de junho de 2020.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in plant science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

NEGRAO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating traits contributing to salinity tolerance. **Annals of Botany**, v. 119, p. 13-26, 2017.

NOVA, L. L. M. V., DA SILVA COSTA, M. M., DA COSTA, J. G., DA SILVA AMORIM, E. C., & GUEDES, É. A. C. Utilização de “Algas Arribadas” como

alternativa para adubação orgânica em cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Ouricuri**, v. 4, n. 3, p. 68-81, 2014.

ØVERLAND, Margareth; MYDLAND, Liv T.; SKREDE, Anders. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 1, p. 13-24, 2019.

PEREIRA, J. W. de L.; MELO FILHO, P. de A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 766-773, 2012.

RAMACHANDRA, T. V.; HEBBALE, Deepthi. Bioethanol from macroalgae: Prospects and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, p. 109479, 2020.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 2.3: 287-294, 1998.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, p. 1-26, 2012.

Smaniotto, T. A. S., Resende, O., de Sousa, K. A., Rodrigues, G. B., Bessa, J. F. V., & Resende, L. F. L. Qualidade fisiológica de sementes de girassol armazenadas em diferentes embalagens. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 98, 2020.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., & MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TRAZZI, P. A., CALDEIRA, M. V. W., PASSOS, R. R., & GONÇALVES, E. D. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

VENUGOPAL, V. 17 Cosmeceuticals from Marine Fish and Shellfish. **Marine Cosmeceuticals: Trends and Prospects**, p. 211, 2011.

WANG, Y., LI, G., SHEN, S., HUANG, D., & ZHENG, Z. Investigation on aerodynamic performance of horizontal axis wind turbine by setting micro-cylinder in front of the blade leading edge. **Energy**, v. 143, p. 1107-1124, 2018.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Analisar os efeitos da utilização de concentrações variadas de macroalgas marinhas acrescentadas aos substratos sobre a fisiologia e a bioquímica de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) crescendo sob condições controle (irrigadas) ou sob os estresses hídrico ou salino.

4.2. Objetivos específicos

Artigo 1:

Analisar os efeitos da utilização das algas *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, e de algas mistas sobre o crescimento de girassol (*Helianthus annuus*).

Artigo 2:

Avaliar a utilização de resíduo orgânico de macroalgas marinhas sobre a produção de matérias frescas de plantas de girassol sob duas condições salinas (50 ou 100 mM de NaCl).

Artigo 3:

Avaliar a utilização de macroalgas marinhas como fertilizante orgânico para o cultivo de plantas de girassol (*Helianthus annuus*) sob condições de estresse hídrico.

5. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação do laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus* Maracanaú, Ceará, Brasil. As sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar BRS 323, utilizadas nos experimentos foram cedidas pela Embrapa Produtos e Mercados, Escritório Dourados, MS.

A presente dissertação foi dividida em 3 experimentos independentes. O primeiro resultou na produção do artigo:

- **“Crescimento e Teores Relativos de Clorofila em Plantas De Girassol Suplementadas Com Algas Mistas, *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata*”**. Publicado na Revista Nativa.

O segundo experimento resultou na produção do artigo:

- **Crescimento e atividade enzimática antioxidativa de plantas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas**. Submetido à Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.

O terceiro experimento resultou na produção do artigo:

- **Crescimento de plantas de Girassol sob condições de estresse hídrico suplementadas com algas marinhas**. Que será submetido à Revista Ciência Agronômica.

As descrições detalhadas de cada um dos experimentos, encontram-se independentemente descritas na seção “Material e Métodos” de cada artigo.

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1

(Artigo publicado na Revista Nativa)

Crescimento e teores relativos de clorofila em plantas de girassol suplementadas com algas mistas – *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata*

RESUMO: O trabalho objetivou analisar os efeitos da utilização das algas *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, e de algas mistas coletadas na Praia do Pacheco, Caucaia-CE sobre o crescimento de girassol (*Helianthus annuus* L.) avaliando-se: variáveis de crescimento e teores relativos de clorofila. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação. As sementes de girassol foram semeadas em baldes de plástico com capacidade para cinco litros. O experimento foi dividido em oito tratamentos: areia (100% do volume em areia); areia + 100% da recomendação de nitrogênio (RN) em húmus; 100% da RN em algas mistas, 50% da RN em algas mistas; 100% da RN em *Hypnea pseudomusciformis*, 50% da RN em *Hypnea pseudomusciformis*, 100% da RN em *Ulva fasciata* e 50% da RN em *Ulva fasciata*. A utilização de algas arribadas ocasionou melhoria nas variáveis de crescimento analisadas em relação às plantas crescendo em substrato com areia ou areia + húmus. Os melhores resultados foram observados a 50% da RN em algas mistas. Dessa forma, a utilização de algas arribadas como fertilizantes apresentou-se como uma alternativa viável, gerando diminuição dos custos de produção.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., fertilização orgânica, macroalgas.

Growth and relative chlorophyll levels in sunflower plants supplemented with mixed algae - *Hypnea pseudomusciformis* or *Ulva fasciata*

ABSTRACT: The work's aim was to analyze the effects of the use of *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, and mixed algae, collected at Pacheco Beach, Caucaia-CE on sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants evaluating: growth variables and relative chlorophyll levels. The work was conducted under greenhouse conditions. Sunflower seeds were sown in five-liter plastic buckets. The experiment was divided in eight treatments: sand (100% of the volume in sand); sand + 100% of nitrogen recommendation (NR) in humus; 100% of NR in mixed algae, 50% of NR in mixed algae; 100% of NR in *Hypnea pseudomusciformis*, 50% of NR in *Hypnea pseudomusciformis*, 100% of NR in *Ulva fasciata* and 50% of NR in *Ulva fasciata*. The use of "arribadas algae" caused improvement in plant growth variables analyzed in comparison to plants growing on sand or sand + humus substrate. The best results were observed at 50% of NR in mixed algae. Thus, the use of "arribadas algae" as fertilizers presented itself as a viable alternative, generating reduction of production costs.

Keywords: *Helianthus annuus* L., organic fertilization, macroalgae.

1. INTRODUÇÃO

As algas podem ser uni ou multicelulares e apresentar formas macroscópicas representadas pelas divisões Chlorophyta, (algas verdes), Rhodophyta (algas vermelhas) e Phaeophyceae (algas pardas). Por comporem um grupo heterogêneo e possuírem a capacidade fotossintetizante, ocupam todos os meios que ofereçam luz, nutrientes e umidade suficientes. Situam-se desde o fundo de águas costeiras rasas até zonas marítimas de até 180 metros de profundidade (ADAIKALARAJ et al., 2012).

As macroalgas marinhas produzem uma série de metabólitos primários e secundários, estes últimos, envolvidos principalmente em funções ecológicas, diferentes processos e dinâmicas funcionais que podem acarretar na conquista e adaptação a novos ambientes. (PEDRINI et al., 2010).

O Brasil é uma região considerada rica em diversidade de macroalgas marinhas. Podem ser encontradas em todo o litoral, sendo a região Nordeste brasileiro a de maior diversidade e abundância, principalmente em áreas de substrato rochoso e águas mais transparentes. Em determinados períodos, o acúmulo de algas na faixa areia é mais intenso, deixando as praias pouco atrativas para o turismo. Essas algas são denominadas de "algas arribadas". A maior parte desta biomassa não é aproveitada pela população. Tendo em vista o alto valor nutritivo, existe grande potencial para aproveitamento comercial (ARAÚJO, 2017).

As algas arribadas podem ser utilizadas como complemento para a fertilização de solos e também como substratos para atividades agrícolas, pois possuem nutrientes essenciais como o nitrogênio (N). Esse elemento

é um dos fatores limitantes no crescimento de plantas, sendo necessário para a formação de biomoléculas importantes, como ATP, NADH, NADPH, clorofila e proteínas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A Praia do Pacheco, localizada no município de Caucaia-CE, Brasil região metropolitana de Fortaleza, apresenta acúmulo de algas arribadas na faixa de areia (Figura 1).



Figura 1. Vista parcial das algas arribadas da Praia do Pacheco, Caucaia, Ceará.
Figure 1. Partial view of arrubadas algae of the Pacheco Beach, Caucaia, Ceará.

Na área de estudo identificou-se grande variedade de táxons, destacando-se dois pelo grande volume em relação às demais: *Hypnea pseudomusciformis* e *Ulva fasciata*.

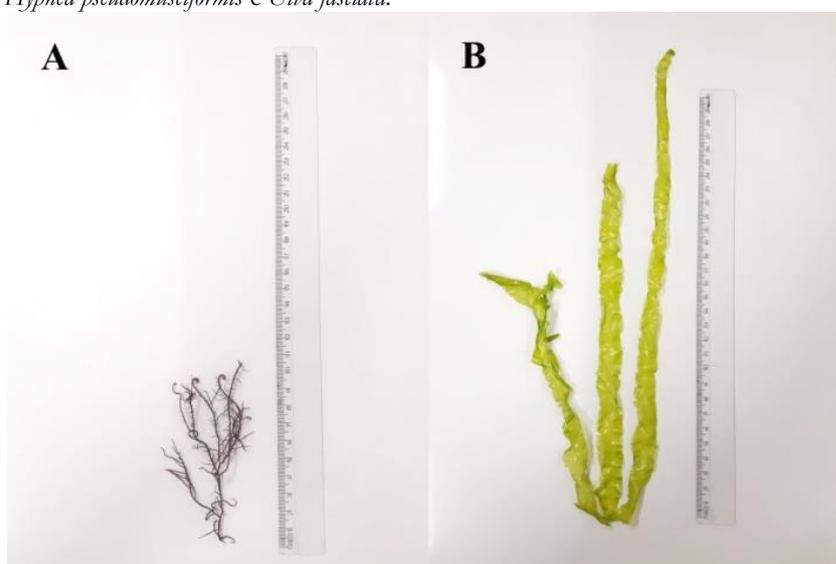


Figura 2. (A) *Hypnea pseudomusciformis* e (B) *Ulva fasciata*.
Figure 2. (A) *Hypnea pseudomusciformis* e (B) *Ulva fasciata*.

A *Hypnea pseudomusciformis* (Figura 2A), é uma macroalga vermelha, com ampla incidência nas costas tropicais e subtropicais ao redor do mundo, possui grande importância econômica como fonte de carragenina para produção industrial (NAUER et al., 2015).

A *Ulva fasciata* (Figura 2B) é uma espécie utilizada em diversos setores industriais, por possuir propriedades nutricionais, terapêuticas, antioxidante e antibacteriana. (SHAO et al., 2017). Possui resistência em áreas com luz intensa, alta concentração de oxigênio e a agentes infecciosos. É comumente encontrada em áreas costeiras, onde recebe a denominação popular de “alface do mar” (LAKSHMI et al., 2018).

É comum que ocorra a remoção das algas arribadas para um posterior descarte por empresas de limpeza urbana. No entanto, essa remoção não ocorre em toda faixa de areia do litoral cearense. Deste modo, devido à importância econômica, ecológica e à riqueza de nutrientes, foi analisada a utilização das espécies de macroalgas locais para a fertilização de plantas de grassol.

A fim de verificar a viabilidade da utilização das algas arribadas para produção de substratos para plantas, optou-se como material vegetal a planta de girassol (*Helianthus annuus* L.). A cultura expressa características desejáveis sob o ponto de vista agrônomo, como curto ciclo de vida, elevada produtividade, qualidade e rendimento em óleo, sendo assim um constituinte de sistemas de produção de grãos e biodiesel (ARAÚJO, 2012).

O trabalho objetivou analisar os efeitos da utilização das algas *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, e de algas mistas coletadas na Praia do Pacheco, Caucaia-CE sobre o crescimento de girassol (*Helianthus annuus* L.) avaliando-se: variáveis de crescimento e teores relativos de clorofila.

Considerou-se como algas mistas o conjunto de algas presentes no local do estudo sem realizar nenhum tipo de triagem, constituindo-se predominantemente por algas vermelhas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) Campus Maracanaú, Ceará, Brasil, entre 01 e 20 de dezembro de 2018.

Foram coletadas amostras de algas arribadas de forma manual na Praia do Pacheco, Caucaia-CE, Brasil. A coleta ocorreu no dia 08 de outubro de 2018, entre as 10:00h e 12:00h com maré 0,0m e lua minguante (BRASIL, 2019). Os valores de maré foram obtidos na tábua de marés do Porto do Pecém-Ce.

As algas foram lavadas em água corrente de abastecimento. Posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do IFCE, Campus Maracanaú, para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, por aproximadamente 12h, até que a massa estivesse completamente seca, sem a presença de água ou qualquer forma de humidade. Após a secagem, o material foi triturado fazendo-se uso de almofariz e pistilo. Após esse procedimento, amostras de material de cada uma das espécies de maior quantidade, *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata* e uma amostra das algas arribadas não separadas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Solos/Água da Universidade Federal do Ceará para a determinação de nitrogênio total (N), conforme a metodologia de Malavolta et al. (1997) (Tabela 1). Os valores foram empregados nos cálculos de materiais acrescidos aos substratos. Para o tratamento contendo húmus de minhoca, os dados foram cedidos pelo fabricante Fértil Vida Produtos Agrícolas LTDA..

Tabela 1. Quantidade de nitrogênio total presente nas amostras de *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, algas mistas e húmus de minhoca comercial.

Table 1. Quantity of total nitrogen present in the samples of *Hypnea pseudomusciformis*, *Ulva fasciata*, mixed algae and earthworm humus.

Amostra	Nitrogênio (g/Kg)
<i>Hypnea pseudomusciformis</i>	45,6
<i>Ulva fasciata</i>	45,1
Algas mistas	39,8
Húmus de minhoca	40

As sementes de girassol (cultivar BRS 323 cedidas pela Embrapa Produtos e Mercado) foram semeadas em baldes de plástico com volume de cinco litros, contendo: 1) 100% (em volume) de Areia; 2) Areia + 100% da recomendação de nitrogênio (RN) em húmus de minhoca (segundo-se recomendação da cultura de 80 kg de N.ha-1); 3) Areia + 100% da (RN) em macroalgas mistas; 4) Areia + 50% da (RN) em macroalgas mistas; 5) Areia + 100% da (RN) com *Hypnea pseudomusciformis*; 6) Areia + 50% da (RN) com *Hypnea pseudomusciformis*; 7) Areia + 50% da (RN) com *Ulva fasciata*; 7) Areia + 100% da (RN) com *Ulva fasciata*. Os tratamentos foram irrigados a 80% da capacidade de campo.

Foram realizadas medições dos teores relativos de clorofila, número de folhas, altura das plantas, diâmetro dos caules e massa seca aos 20 dias após semeadura (DAS). A massa seca foi determinada após secagem em estufa a 80 °C até atingir material com massa constante. Mensurou-se a parte aérea constituída por folhas + pecíolos + caules; as raízes e a massa seca total (parte aérea + raízes).

Os teores relativos de clorofila foram medidos na primeira folha completamente expandida a contar do ápice utilizando-se o aparelho Chlorophyll Meter SPAD-502. Os diâmetros dos caules foram medidos através de paquímetro, o número de folhas por contagem manual e a altura da parte aérea através de uma régua, medindo-se da base do caule até a inserção da última folha completamente expandida.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos; descritos acima e cada um contendo oito repetições. Cada repetição constituiu-se de um vaso com três plantas. Os dados de cada coleta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) através do programa Sigma Plot 11.0.

3. RESULTADOS

Na Figura 3 podemos observar as plântulas aos 20 dias após sementeira. Observou-se o maior crescimento dos grupos contendo algas em relação aos grupos areia e areia + húmus.

Para altura das plantas (Figura 4A), os maiores resultados foram verificados nos grupos suplementados com algas mistas, que apresentaram valores médios próximos de 12 cm. Esse valor foi 13,7% superior que os grupos húmus e *Hypnea* 50% da RN, que apresentou valor médio de 10,6 cm, e 32,2% superior que os demais grupos, que apresentaram valores médios próximos a 9,3 cm.

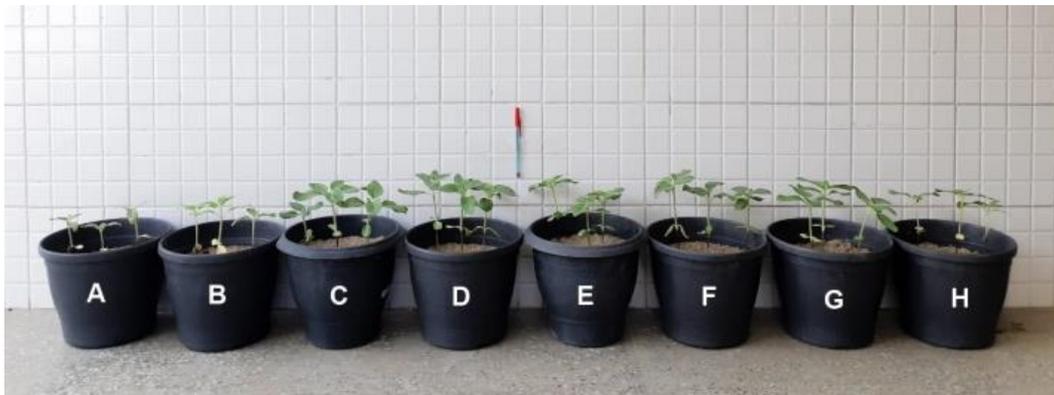


Figura 3. Plantas de girassol aos 20 dias após a sementeira em substratos contendo: (A) areia; (B) húmus a 100% da recomendação de nitrogênio - RN; (C) algas mistas a 100% da RN; (D) algas mistas a 50% da RN; (E) *Hypnea pseudomusciformis* a 100% da RN; (F) *Hypnea pseudomusciformis* a 50% da RN; (G) *Ulva fasciata* 100% da RN; (H) *Ulva fasciata* a 50% da RN.

Figure 3. Sunflower plants at 20 days after sowing on substrates containing: (A) sand; (B) humus at 100% of the nitrogen recommendation - NR; (C) 100% mixed algae of NR; (D) mixed algae at 50% of NR; (E) *Hypnea pseudomusciformis* at 100% of NR; (F) *Hypnea pseudomusciformis* at 50% of NR; (G) *Ulva fasciata* 100% of NR; (H) *Ulva fasciata* at 50% of NR.

Para o diâmetro dos caules (Figura 4B), os maiores valores também foram para os grupos suplementados com algas mistas, apresentando valores médios próximos de 3,4 mm. Esse resultado foi 9% maior que os grupos suplementados com *Hypnea*, que apresentaram valores médios de 3,1 mm, 20% maior que o grupo suplementado com *Ulva* a 100% da RN, que atingiu a média de 2,8 mm e 36% superior aos demais grupos.

Para o número de folhas (Figura 4C), os maiores valores foram para os grupos suplementados com algas mistas e para o grupo suplementado com *Hypnea* a 100% da RN, que atingiram valores médios de 9,4 folhas por planta, sendo esse valor 36,8% superior aos demais grupos, que atingiram valores próximos de 7 folhas por planta.

Para os teores relativos de clorofila (Figura 4D), o padrão foi o mesmo, onde os maiores valores foram para os grupos suplementados com algas mistas, com valores médios próximos de 35 (índice SPAD). Isso representa que o valor foi 10% maior que aqueles apresentados nos grupos suplementados com *Hypnea* e *Ulva*, e 45% superior aos grupos areia e húmus.

Para massa seca da parte aérea (Figura 5A), os maiores valores foram para os grupos das algas mistas juntamente com o grupo *Hypnea* a 100% da RN, com médias próximas a 0,87g. o segundo melhor resultado foi para o grupo *Hypnea* a 50% da RN, com valor de 0,76g, seguido pelo grupo *Ulva* a 100% da RN, com valor de 0,60g. Por último, o grupo de menor destaque foi formado pelos grupos areia, húmus e *Ulva* a 50% da RN, com médias próximas a 0,38g. Quando comparados os maiores resultados (mista a 100%, mista a 50%, e *Hypnea* a 100% da RN) com os menores (areia, húmus e *Ulva* a 50% da RN) observou-se um aumento de 128%.

Para massa seca da raiz (Figura 5B) o resultado mais expressivo foi para o grupo mista a 50% da RN, com o valor de 0,29g, seguido pelos tratamentos mista a 100% da RN, *Hypnea* a 50% da RN, e *Ulva* a 50% da RN, com valor médio de 0,24g, logo após os tratamentos *Hypnea* e *Ulva* a 100% da RN, com valor médio de 0,20g, o por último os tratamentos húmus e areia, com valores de 0,15g e 0,10g respectivamente. Ao comparar o tratamento de maior expressão (mista a 50% da RN) com o tratamento areia, constatou-se que o resultado é quase três vezes maior.

A massa seca total (Figura 5C), teve o resultado mais expressivo nos tratamentos suplementados com algas mistas (100 e 50% da RN), com valor médio de 1,12g, seguido pelos tratamentos suplementados com *Hypnea* (100 e 50% da RN), com valor médio de 1g, logo após, o tratamento *Ulva* a 100% da RN, com média de 0,8g. Os tratamentos húmus e *Ulva* a 50% da RN apresentaram valores menos expressivos, com médias próximas a 0,6g, sendo superior apenas ao tratamento areia, que teve média de 0,42g. Assim, os tratamentos com algas mistas foram 166% superiores à areia.

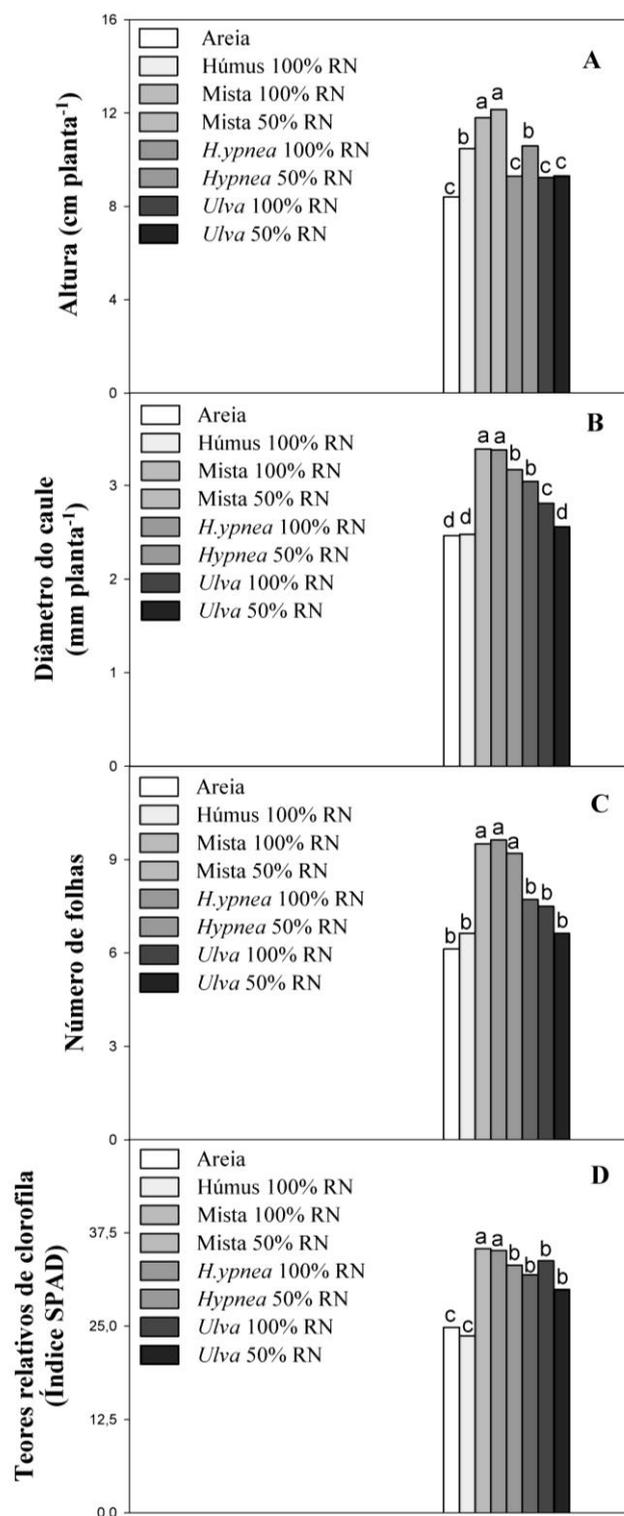


Figura 4. (A) Altura das plantas, (B) Diâmetro dos caules, (C) Número de folhas e (D) Teores relativos de clorofila em plântulas de girassol aos 20 dias após sementeira suplementada com húmus de minhoca, algas mistas, *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata* a 50 ou 100% da recomendação de nitrogênio (RN). As barras representam os valores das médias de 8 repetições e letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 4. (A) Plant height, (B) Stem diameter, (C) Number of leaves and (D) Relative chlorophyll content in sunflower seedlings at 20 days after sowing supplemented with earthworm humus, mixed algae, *Hypnea pseudomusciformis* or *Ulva fasciata* at 50 or 100% of the nitrogen recommendation (NR). The bars represent the mean values of 8 repetitions and different letters indicate statistical differences according to Tukey test at 5% probability.

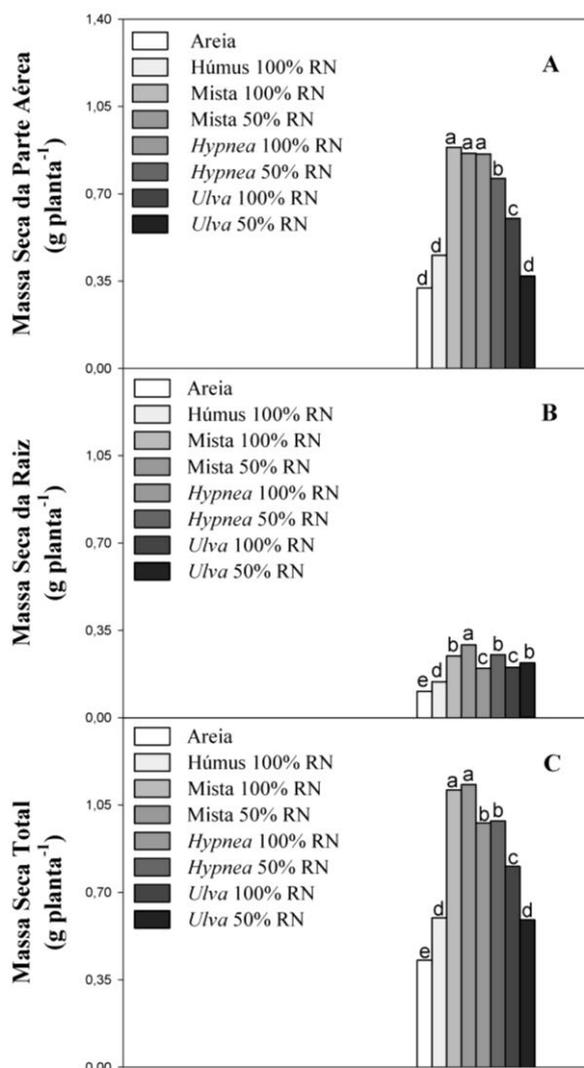


Figura 5. (A) Massa seca da parte aérea, (B) da raiz e (C) total de plantas de Girassol aos 20 dias após semeadura suplementadas com húmus de minhoca, algas mistas, *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata* a 50 ou 100% da recomendação de nitrogênio (RN). As barras representam os valores das médias de 8 repetições e letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 5. (A) Shoot dry mass, (B) root and (C) total Sunflower plants at 20 days after sowing supplemented with worm humus, mixed algae, *Hypnea pseudomusciformis* or 50 or 100% *Ulva fasciata* nitrogen recommendation (NR). The bars represent the mean values of 8 repetitions and different letters indicate statistical differences according to Tukey test at 5% probability.

4. DISCUSSÃO

Os tratamentos suplementados com *Hypnea pseudomusciformis* e com *Ulva fasciata* apresentaram resultados superiores ou semelhantes ao tratamento húmus, apresentando-se viáveis para a nutrição vegetal. No entanto, para todas as variáveis analisadas, os resultados mais expressivos foram para os tratamentos suplementados com macroalgas mistas, não havendo diferenças estatísticas entre os tratamentos suplementados a 50 e a 100% da recomendação de nitrogênio.

Semelhantemente, o trabalho realizado por Alobwede et al. (2019) verificou os efeitos positivos da utilização de micro e macroalgas como fonte de nutrientes para o solo em condições de casa de vegetação e de campo.

Já o trabalho realizado por Zhou et al. (2019) testou o efeito do fertilizante líquido de algas marinhas na produção e qualidade de *Capsicum annuum* L. Como resultado, sugeriu-se que o composto utilizado poderia servir como um biofertilizante alternativo, pois apresentou custo-benefício positivo capaz de entregar benefícios econômicos e ambientais substanciais para o agricultor.

Já a pesquisa desenvolvida por Wang et al. (2017) verificou os efeitos do fertilizante de algas no crescimento de mudas de *Malus hupehensis* e a contagem de microrganismos no solo sob cultivo contínuo. Como resultado, a aplicação de fertilizantes de algas marinhas promoveu o crescimento das plantas,

aumentou a taxa fotossintética, ativou enzimas antioxidativas, diminuiu a peroxidação lipídica e aumentou a concentração de nutrientes no solo.

De modo geral, a utilização de algas arribadas mistas como fertilizante orgânico, sem seleção prévia de espécies, ocasionou resultados positivos nas variáveis de crescimento de plantas analisadas. A ausência da necessidade de uma prévia seleção de espécies torna o trabalho mais rápido e viável e dá destinação a um resíduo.

Adicionalmente, o baixo custo de produção também é um fator relevante, pois aumenta a viabilidade de utilização do composto produzido.

5. CONCLUSÕES

A utilização de algas arribadas como fertilizante ocasionou melhoria nas variáveis de crescimento analisadas em relação às plantas crescendo em substrato com areia ou areia + húmus de minhoca. Dentre os tratamentos utilizados, aquele que proporcionou maiores valores foi a 50% da recomendação de nitrogênio (RN) em algas arribadas.

Os tratamentos com *Hypnea pseudomusciformis* e com *Ulva fasciata* apresentaram-se menos viáveis, pois além de ser necessária a separação prévia das espécies, os resultados de crescimento de plantas de girassol foram semelhantes ou inferiores aqueles que continham algas mistas.

A utilização de algas arribadas como substrato para o cultivo de plantas pode ser uma alternativa aos fertilizantes comerciais, além de reduzir custos de produção, e ser uma destinação sustentável.

7. REFERÊNCIAS

ADAIKALARAJ, G.; PATRIC, R. D.; JOHNSON, M.; JANAKIRAMAN, N.; BABU, A. Antibacterial potential of selected red seaweeds from Manapad coastal areas, Thoothukudi, Tamil Nadu, India. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 2, p. S1077-S1080, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60364-5](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60364-5)

ALOBWEDE, E.; LEAKE, J. R.; PANDHAL, J. Circular economy fertilization: Testing micro and macro algal species as soil improvers and nutrient sources for crop production in greenhouse and field conditions. **Geoderma**, v. 334, p. 113-123, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.049>

ARAÚJO, J. M. H. D. **Algas marinhas como bioestimulantes no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga**. 2017. 13f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

ARAÚJO, T. V. O.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DE LIMA DUARTE, J. M.; DE AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126, 2012.

BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/dados-de-mare-mapa>>; Acesso em: 14 de agosto de 2019.

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>

LAKSHMI, T. P.; VAJRAVIJAYAN, S.; MOUMITA, M.; SAKTHIVEL, N.; GUNASEKARAN, K.; KRISHNA, R. A novel guaiane sesquiterpene derivative, guai-2-en-10 α -ol, from *Ulva fasciata* Delile inhibits EGFR/PI3K/Akt signaling and induces cytotoxicity in triple-negative breast cancer cells. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 438, n. 1-2, p. 123-139, 2018. DOI: 10.1007/s11010-017-3119-5

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A.

Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 1.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

NAUER, F.; CASSANO, V.; OLIVEIRA, M. C. Description of *Hypnea pseudomusciformis* sp. nov., a new species based on molecular and morphological analyses, in the context of the *H. musciformis* complex (Gigartinales, Rhodophyta). **Journal of Applied Phycology**, v. 27, n. 6, p. 2405-2417, 2015. DOI: [10.1007/s10811-014-0488-y](https://doi.org/10.1007/s10811-014-0488-y)

PEDRINI, A. de G. (Org.). **Macroalgas: uma introdução à taxonomia**. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 125 p.

SHAO, P.; QIU, Q.; XIAO, J.; ZHU, Y.; SUN, P. Chemical Stability and in vitro release properties of β -carotene in emulsions stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide. **International journal of biological macromolecules**, Guildford, v. 102, p. 225-231, 2017.

PEDRINI, A. de G. (Org.). **Macroalgas: uma introdução à taxonomia**. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

SHAO, P.; QIU, Q.; XIAO, J.; ZHU, Y.; SUN, P. Chemical Stability and in vitro release properties of β -carotene in emulsions stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide. **International journal of biological macromolecules**, v. 102, p. 225-231, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.186>

WANG, Y.; XIANG, L.; WANG, S.; WANG, X.; CHEN, X.; MAO, Z. Effects of seaweed fertilizer on the *Malus hupehensis* Rehd. seedlings growth and soil microbial numbers under continue cropping. **Acta Ecologica Sinica**, v. 37, n. 3, p. 180-186, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2017.01.004>

ZHOU, G.; QIU, X.; ZHANG, J.; TAO, C. Effects of seaweed fertilizer on enzyme activities, metabolic characteristics, and bacterial communities during maize straw composting. **Bioresource technology**, v. 286, p. 121375, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121375>

EXPERIMENTO II

ARTIGO 2

(Submetido à Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável)

Crescimento e atividade enzimática antioxidativa de plantas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas

Growth and antioxidative enzymatic activity of sunflower plants under salt stress conditions supplemented with seaweed

- ARTIGO -

Resumo: A irrigação é utilizada como estratégia de manejo em muitas regiões no mundo. Porém, devido às características de salinidade do semiárido, essa medida tem se tornado cada vez mais difícil devido à escassez de água de boa qualidade e com baixos teores de sais. O estresse salino é o resultado de cultivos irrigados com água com elevada condutividade elétrica, refletindo em um solo desfavorável ao crescimento de plantas. O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura tolerante à seca e à salinidade. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de resíduo orgânico de macroalgas marinhas sobre a produção de plantas de girassol sob duas condições salinas (50 ou 100 mM de NaCl) em substratos contendo composto orgânico de algas ou húmus de minhoca. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) *Campus* Maracanaú. O uso de composto de algas mostrou-se mais eficiente que o húmus de minhoca sob condições controle. Sob condições de salinidade a 50 mM, os resultados foram semelhantes à utilização de húmus. A utilização desse resíduo pode ser uma alternativa aos fertilizantes comerciais sob condições controle ou de moderada salinidade, minimizando os custos de produção.

Palavras-chave: Composto Orgânico; Salinidade; *Helianthus annuus*.

Abstract: Irrigation is used as a management strategy in many regions around the world. However, due to the salinity characteristics of the semiarid region, this measure has become increasingly difficult due to the scarcity of good quality water and with low levels of salts. Saline stress is the result of crops irrigated with water with high electrical conductivity, reflecting in a soil unfavorable to plant growth. The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a drought and salinity tolerant crop. In this context, the objective of the work was to evaluate the use of organic waste from marine macroalgae on the production of sunflower plants under two saline conditions (50 or 100 mM NaCl) on

substrates containing organic compost from algae or earthworm humus. The work was conducted in a greenhouse, at the Federal Institute of Education Science and Technology (IFCE) *Campus* Maracanaú. The use of algae compost was shown to be more efficient than earthworm humus under controlled conditions. Under 50 mM salinity conditions, the results were similar to the use of humus. The use of this residue can be an alternative to commercial fertilizers under controlled conditions or with moderate salinity, minimizing production costs.

Key words: Organic compost; Salinity; *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO

As alterações climáticas têm afetado as culturas agrícolas em virtude dos padrões irregulares de chuva, aumentando assim a demanda por fontes de água menos nobres. Além da agricultura, a recarga dos aquíferos também é afetada (SILVA, J., 2017), essas condições prejudicam o crescimento e desenvolvimento das plantas devido à ausência de água de qualidade.

A irrigação é utilizada como uma ação mitigatória e estratégia de manejo em muitas regiões no mundo. Porém, devido às características semiáridas de alguns locais, essa medida tem se tornado inviável. Fatores qualitativos e quantitativos, como as propriedades e vazão dos corpos hídricos, têm sido decisivos. A utilização de águas que se encontram em classes inferiores àquelas que deveriam ser destinadas à irrigação já é a realidade de muitos produtores (FAO, 2008).

Rochas cristalinas presentes principalmente no solo do Nordeste do Brasil tendem a apresentar maior conteúdo iônico, levando à salinização da água (SILVA, F., 2007). A salinidade também pode ser uma característica presente em águas de corpos hídricos que receberam despejos de esgotos domésticos ou de indústrias. Outros fatores como fertilizantes e pesticidas, que são utilizados em abundância para tentar corrigir deficiências na produção acabam sendo carregados pela drenagem e contribuindo para a salinização (MOREIRA BARRADAS, 2015).

O estresse salino é o resultado de cultivos irrigados com água com elevada condutividade elétrica, refletindo em um solo desfavorável ao crescimento de plantas (MUNNS, 2008). O impacto no solo vai além da agricultura, pois sua estrutura química

e microbiológica é alterada. Na vegetação, o estresse é uma característica restritiva para a distribuição e produtividade (SUN, 2012).

O efeito da salinidade sobre as plantas é devido a dois componentes do estresse salino: o componente osmótico, resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, provocando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; e o componente iônico, decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , e da alterada razão K^+/Na^+ e outros nutrientes, que ocasiona efeitos tóxicos (WILLADINO, 2010).

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura tolerante à seca e à salinidade (SILVA, P.; NASCIMENTO, 2020). Seu cultivo tem como finalidade principal a extração de óleo, estando entre as quatro principais culturas produtoras do mundo (FAO, 2013). A espécie é considerada como um dos maiores potenciais para produção de biocombustíveis, sendo também bastante empregada em sistemas rotação de culturas, devido à capacidade de aclimação (NUNES JUNIOR, 2017).

Diante dessa problemática, é necessário buscar alternativas capazes de mitigar os efeitos da irrigação salina para a produção vegetal. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de resíduo orgânico de macroalgas marinhas sobre a produção de matérias frescas de plantas de girassol sob duas condições salinas (50 ou 100 mM de NaCl).

Foram analisadas a altura das plantas, diâmetro dos caules, número de folhas, teores relativos de clorofila, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total. Avaliaram-se também as atividades das enzimas antioxidativas: peroxidase do guaiacol, peroxidase do ascorbato e catalase.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas macroalgas marinhas desprendidas de seus substratos (algas arribadas). A coleta ocorreu na Praia do Pacheco, Caucaia, Ceará, conforme a área delimitada nos estudos de Ferreira et al. (2020), no dia 25 de outubro de 2018. Após a coleta as algas foram lavadas em água corrente e secas em estufa de circulação forçada a 80° C até atingirem massa constante. Após a secagem foi realizada a determinação da concentração de Nitrogênio total (N) pela metodologia de Malavolta (1997). Como resultado encontrou-se o valor de 39,8 g.kg⁻¹, empregada nos cálculos da quantidade de algas acrescidas aos substratos, de acordo com recomendações da Embrapa (2014) para a produção de girassol (80 kg de N. hectare⁻¹) (EMBRAPA, 2014).

O cultivo das plantas de girassol ocorreu em casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) Campus Maracanaú, Ceará, Brasil, entre os meses de setembro e outubro de 2019. As sementes do cultivar BRS 323 cedidas pela Embrapa Produtos e Mercados foram semeadas em baldes de plástico com capacidade para 5 litros, e divididas em três grupos: 1) 100% (em volume) de Areia; 2) Areia + 50% da recomendação de nitrogênio (RN) com o composto de algas; 3) Areia + 100% da RN em húmus de minhoca. Utilizou-se a aplicação de apenas 50% da RN de composto de algas devido aos resultados satisfatórios encontrados por Brito (2018).

As plantas foram irrigadas a 80% da capacidade de campo (CC) com soluções de NaCl a: 0 mM; 2) 50mM; 3) 100 mM. Havia nove grupos, em um fatorial 3x3, com três substratos (areia, húmus e algas) e três condições de irrigação (0, 50 e 100 mM de NaCl). Cada grupo foi composto por 8 repetições, cada repetição um vaso com três plantas. Aos 19 dias após semeadura (DAS), as plantas foram coletadas e foi realizada análise da massa seca das raízes, da parte aérea e total.

As análises de altura das plantas, diâmetros do caule, número de folhas, teores relativos de clorofila e massa seca foram realizadas conforme Brito (2018). Já as análises de atividade enzimática antioxidativa foram realizadas conforme Nunes Júnior (2017).

Os valores obtidos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do programa estatístico Sisvar 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de altura da parte aérea (Figura 1A) para o grupo Algas a 50 mM de NaCl não apresentou diferença estatística em relação ao grupo controle, cujo valor médio foi 13,18cm. A irrigação salina a 100 mM NaCl casou a diminuição da altura das plantas. O tratamento algas irrigado a 50 mM NaCl apresentou valores 35,8% superiores ao tratamento algas irrigado a 100 mM NaCl.

O resultado encontrado é reforçado por trabalhos anteriores. Nobre (2010) estudou o crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. Os tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: salinidade da água de irrigação (CEa) em cinco níveis (0,5 - controle; 1,6; 2,7; 3,8 e 4,9 dS m⁻¹) e quatro doses de adubação nitrogenada (50; 75; 100 e 125%). Os autores constataram que a altura de planta, o diâmetro do caule, a fitomassa seca da parte aérea, o início do florescimento e

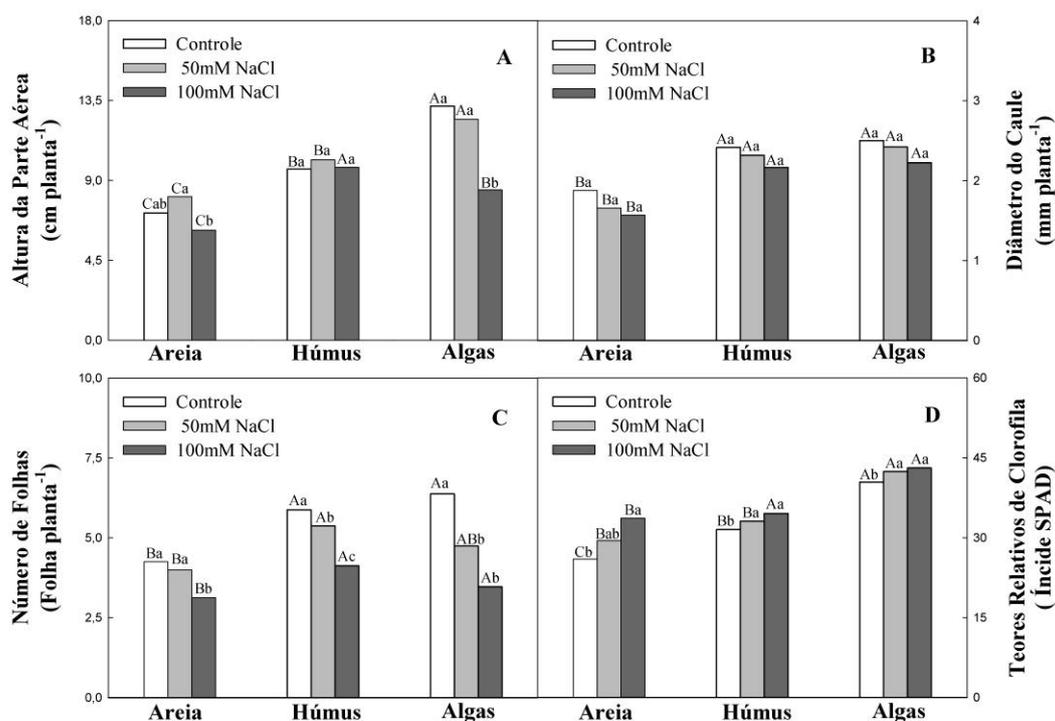
os diâmetros de capítulo externo e interno do girassol são afetados linear e negativamente pela salinidade da água a partir de 0,5 dS m⁻¹.

Para os valores de diâmetro do caule (Figura 1B) os valores mais expressivos foram para os grupos suplementados com húmus e algas, independente das condições de irrigação, esses grupos apresentaram valores médios de 2,33mm, sendo esse 27,5% superiores aos valores dos grupos areia, e apresentaram resultado médio de 1,69mm.

Já para o número de folhas (Figura 1C) os resultados mais expressivos foram para os grupos húmus e algas nas condições controle e húmus irrigado a 50 mM de NaCl, não apresentando diferença estatística entre si e valor médio de 5,9 folhas por planta. Esse resultado foi 33% superior aos demais grupos, que não diferiram entre si e apresentaram valor médio de 3,9 folhas por planta.

Em relação aos teores relativos de clorofila (Figura 1D), os valores mais expressivos ocorreram no grupo algas, independente da condição de irrigação. Observou-se valor médio de 42 (Índice SPAD), valor 23,8% superior ao tratamento húmus e 31% superior aos tratamentos areia. Pode-se considerar o resultado como positivo, tendo em vista que a clorofila é um fator relacionado ao rendimento fotossintético em vegetais, e conseqüentemente ao crescimento e adaptação a vários ambientes (NOGUEIRA, 2018).

Figura 1. Altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100 mM aos 19 dias após semeadura. As barras representam os valores das médias de 8 repetições e letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença devido ao tipo de substrato (areia, húmus e algas), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferença devido ao tipo de irrigação (controle, 50mM NaCl e 100mM NaCl).



Para massa seca da raiz (Figura 2A), não houve diferença estatística entre os tratamentos com irrigação controle e os irrigados com 50 mM de NaCl, sendo esses 56% superiores aos valores encontrados nos tratamentos irrigados com 100 mM de NaCl.

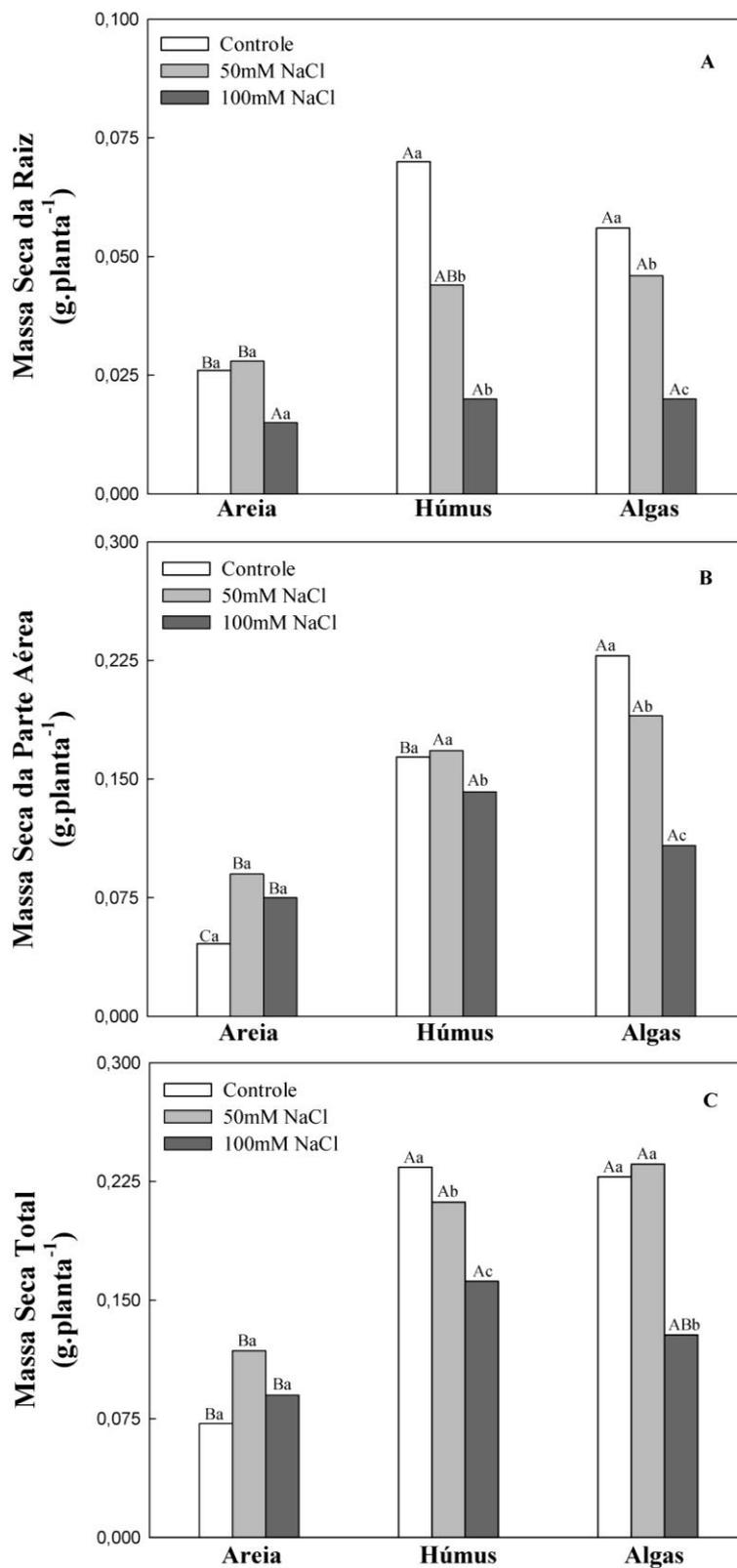
Trabalhos anteriores reforçam a redução do crescimento em virtude da salinidade. Coelho (2018) analisou o crescimento em feijão *Vigna unguiculata* submetido ao estresse salino. O experimento constou de um arranjo fatorial 2x4, sendo duas texturas de solos (franco-arenosa e franco-argilosa) e quatro níveis de salinidade do solo (2,2; 4,0; 8,0; 12,0 dS m⁻¹). Os autores verificaram que a salinidade do solo ocasionou reduções na biomassa seca.

Já para massa seca da parte aérea (Figura 2B) não houve diferença estatística entre os grupos algas e húmus, sendo esses 58% superiores ao grupo areia, independente das condições de irrigação.

Para massa seca total (Figura 2C) manteve-se o padrão encontrado em massa fresca da parte aérea (Figura 2B), onde os grupos algas e húmus apresentaram valor médio 53% superior ao grupo areia, independente das condições de irrigação.

Figura 2. Massa Seca da Raiz (A), Massa Seca da Parte Aérea (B), Massa Seca Total (C) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico

de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100 mM aos 19 dias após semeadura. As barras representam os valores das médias de 8 repetições e letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença devido ao tipo de substrato (areia, húmus e algas), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferença devido ao tipo de irrigação (controle, 50mM NaCl e 100mM NaCl).



Para a peroxidase do guaiacol (Figura 3A), todos os tratamentos apresentaram atividade, entre os tratamentos do com irrigação controle, o grupo suplementado com

algas apresentou maior atividade, entre os tratamentos com irrigação a 50 mM de NaCl, o maior destaque foi para os grupos areia e algas. Já entre os tratamentos com irrigação a 100 mM de NaCl não houve diferença estatística entre os grupos, apesar do grupo suplementado com algas apresentar valor numérico levemente superior.

Para a peroxidase do ascorbato (Figura 3B) não se observou diferença estatística entre os tratamentos de irrigação controle. Já em condições de irrigação a 50 mM de NaCl os grupos húmus e algas foram superiores ao tratamento areia, e em condições de irrigação a 100 mM de NaCl o tratamento algas foi superior aos demais.

Apenas as amostras suplementadas com algas apresentaram atividade enzimática significativa para catalase, os demais tratamentos apresentaram atividade muito baixa. Os tratamentos algas submetidos ao estresse salino não diferiram estatisticamente, sendo estes os que apresentaram valores mais expressivos, sendo 50% superiores ao tratamento algas em condições controle (Figura 3C).

Espécies reativas de oxigênio (ROS), como peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e O_2^- , são gerados durante vários fisiológicos processos, incluindo fotossíntese, desenvolvimento de plantas, como respostas de resistência contra patógenos. H_2O_2 serve como um mensageiro molecular para induzir a morte celular programada (PCD) e especialmente chamada de reação de hipersensibilidade (HR) em patógenos de plantas (MUROTA, 2017).

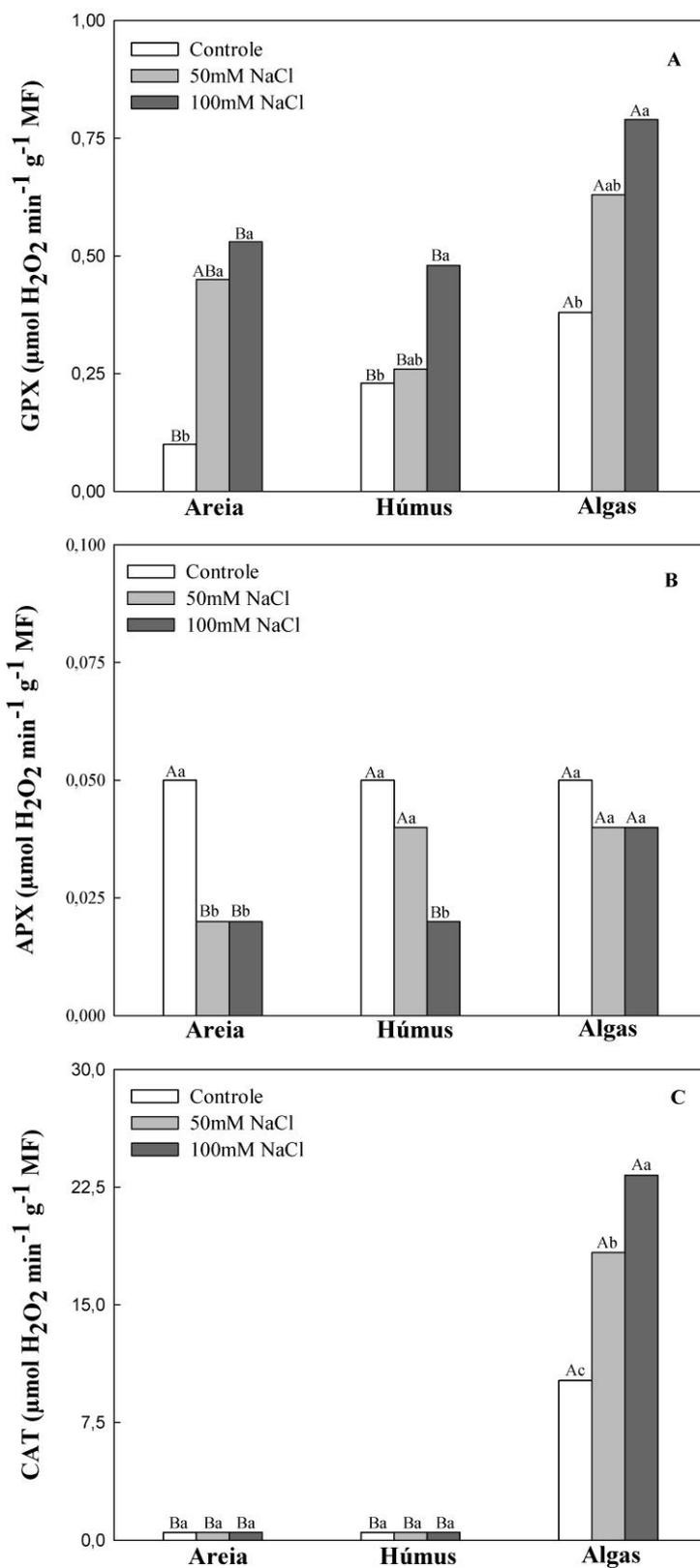
As enzimas analisadas são importantes para o combate e neutralização das espécies reativas de oxigênio (ROS). Assim, o resultado obtido foi positivo, pois em todas as condições empregadas a atividade enzimática presente nos tratamentos suplementados com algas foi igual ou superior aos demais grupos.

A Catalase é uma das mais importantes enzimas antioxidantes que catalisam a decomposição de H_2O_2 , dessa forma, desempenhando papel na proteção das células a toxicidade de H_2O_2 (FRUGOLI, 1996).

A peroxidase do ascorbato (APX) é a peroxidase mais importante na desintoxicação de H_2O_2 , catalisando a redução de H_2O_2 em água usando o poder redutor do ascorbato, da mesma forma, a peroxidase de guaiacol (GPX), localizadas no citosol, vacúolo, parede celular e apoplasto, também são considerados envolvidos em uma variedade de processos relacionados ao estresse induzido por ROS (UARROTA, 2016).

Figura 3. Atividade das enzimas peroxidase do guaiacol – GPX (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), catalase – CAT (C) de plantas de girassol em substratos contendo

areia, húmus ou composto orgânico de algas e irrigadas com soluções de NaCl a 0, 50 ou 100 mM aos 19 dias após semeadura. As barras representam os valores das médias de 8 repetições e letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença devido ao tipo de substrato (areia, húmus e algas), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferença devido ao tipo de irrigação (controle, 50mM NaCl e 100mM NaCl).



A utilização de algas arribadas para fertilização de girassol apresentou resultados positivos em condições controle e de estresse salino até 50 mM de NaCl. Os resultados demonstram importância dessa pesquisa, pois a salinização do solo é algo recorrente na

região Nordeste do Brasil, sendo necessário a obtenção de técnicas de manejo e fertilização que possibilitem e melhorem a produção agrícola.

CONCLUSÕES

A utilização de algas no substrato proporcionou melhoria no desenvolvimento das plantas de girassol em condições controle, proporcionando maior desenvolvimento das variáveis de altura e massa seca da parte aérea. Em condições de estresse salino, a utilização de algas no substrato se equiparou a utilização de húmus.

A utilização do resíduo orgânico de algas pode ser uma alternativa aos fertilizantes comerciais sob condições controle ou de moderada salinidade, minimizando os custos de produção. Adicionalmente, pode representar uma destinação sustentável para essa matéria orgânica que muitas vezes não possui seu potencial aproveitado.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURE ORGANIZATION. The state of food and agriculture 2008: Biofuels: Prospects, risks and opportunities. Food & Agriculture Org., 2008.

ASIA, I. N. Food and agriculture organization of the United Nations. 2013.

BRITO, P. O. B.; 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. *Revista Ceres*, v.65, n.5, p.395-401, 2018. 10.1590/0034-737X201865050003

COELHO, J. B. M.; NETO, E. B.; BARROS, M. D. F. C.; DE ALBUQUERQUE, E. R. G. M. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos no feijão vigna submetido ao estresse salino. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v. 13, p. 242-256, 2018.

DA SILVA, F. J. A.; DE ARAÚJO, A. L.; DE SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará—poços instalados e salinidade. *Revista Tecnologia*, v. 28, n. 2, 2007.

DE SOUSA FERREIRA, G., DE BRITO, P. O. B., ADERALDO, F. Í. C., DE MACEDO CARNEIRO, P. B., ROCHA, A. M., & GONDIM, F. A. Algas arribadas da Praia do Pacheco, Ceará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 2, p. 208-214, 2020. 10.18378/rvads.v15i2.6472

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivar de girassol BRS 323. 2014.

FRUGOLI, J. A.; ZHONG, H. H.; NUCCIO, M. L.; MCCOURT, P.; MCPEEK, M. A.; THOMAS, T. L.; MCCLUNG, C. R. Catalase is encoded by a multigene family in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant Physiology*, v. 112, n. 1, p. 327-336, 1996. 11 2: 327-336

MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. Piracicaba: Potafos, 1997.

MOREIRA BARRADAS, J. M.; ABDELFAH, A.; MATULA, S.; DOLEZAL, F. Effect of Fertigation on Soil Salinization and Aggregate Stability. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 141, n. 4, p. 1-7, 2015.: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000806

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, v. 59, p. 651-681, 2008. 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

MUROTA, K.; SHIMURA, H.; TAKESHITA, M.; MASUTA, C. Interaction between Cucumber mosaic virus 2b protein and plant catalase induces a specific necrosis in association with proteasome activity. *Plant cell reports*, v. 36, n. 1, p. 37-47, 2017. 10.1007/s00299-016-2055-2

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. D. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

NOGUEIRA, B. B.; IGLESIAS, L.; MESQUITA, J. V.; NAKATANI, M. C.; PUTTI, F. F. Índice Spad Em Plantas De Tomateiro Cultivado Em Fibra De Coco E Submetido A Pulsos De Fertirrigação/Spad Index In Tomatoes Plants Cultivated In Coconut Fiber And Submitted To Fertirrigation Pulses. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2018.

NUNES JUNIOR, F. H.; GONDIM, F. A.; FREITAS, V. S.; BRAGA, B. B.; BRITO, P. O. B. D.; Martins, K. Crescimento foliar e atividades das enzimas antioxidativas em plântulas de girassol suplementadas com percolado de aterro sanitário e submetidas a estresse hídrico. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 12, n. 1, p. 71-86, 2017. 10.4136/ambi-agua.1964

SILVA, J. R. I.; SOUZA, R. M. S.; SANTOS, W. A.; DE ALMEIDA, A. Q.; DE SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D. Aplicação do método de Budyko para modelagem do balanço hídrico no semiárido brasileiro. *Scientia Plena*, v. 13, n. 10, 2017. 10.14808/sci.plena.2017.109908

SILVA, P. V. S. R.; NASCIMENTO, P. D. S. Sunflower biometrics and chemical salinity attributes of soil irrigated with waters of different qualities. *Revista Ambiente & Água*, v. 15, n. 4, 2020. 10.4136/ambi-agua.2499

SUN, J.; KANG, Y.; WAN, S.; HU, W.; JIANG, S.; ZHANG, T. Soil salinity management with drip irrigation and its effects on soil hydraulic properties in north China coastal saline soils. *Agricultural Water Management*, v. 115, p. 10-19, 2012.

UARROTA, V. G.; MORESCO, R.; SCHMIDT, E. C.; BOUZON, Z. L.; DA COSTA NUNES, E.; DE OLIVEIRA NEUBERT, E.; PERUCH, L. A. M.; ROCHA, M.; MARASCHIN, M. The role of ascorbate peroxidase, guaiacol peroxidase, and polysaccharides in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots under postharvest physiological deterioration. *Food chemistry*, v. 197, p. 737-746, 2016. 10.1016/j.foodchem.2015.11.025

WILLADINO, L; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Enciclopédia biosfera*, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

EXPERIMENTO III

ARTIGO 3

(Formatado conforme a Revista Ciência Agronômica)

Crescimento de plantas de girassol suplementadas com algas marinhas e submetidas à estresse hídrico

Growth of sunflower plants supplemented with seaweed and subjected to water stress

RESUMO - Em áreas áridas e semiáridas o estresse hídrico é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola, fazendo com que espécies vegetais modifiquem seu metabolismo. Diante desse fato, é importante buscar técnicas que contribuam para melhor produção vegetal. Uma das técnicas que podem ser empregadas com baixo custo é a utilização de resíduos orgânicos no meio de crescimento. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar a utilização de macroalgas marinhas como fertilizante orgânico para o cultivo de girassol (*Helianthus annuus*) sob condições de estresse hídrico. O trabalho foi desenvolvido na casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) *Campus* Maracanaú, Ceará, Brasil durante o mês de setembro de 2019. Foram analisadas a altura das plantas, diâmetro dos caules, número de folhas, teores relativos de clorofila, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total de plantas de girassol em condições irrigadas e de estresse hídrico. As plantas foram coletadas aos 21 dias após a semeadura (DAS) e a suspensão de irrigação aconteceu ao 14 DAS. Concluiu-se que a utilização de algas como fertilizante orgânico se mostrou eficiente em todas as variáveis analisadas, tanto em condições controle como de estresse hídrico, os resultados obtidos nos tratamentos contendo algas foram superiores ou similares aos que utilizaram fertilizantes comerciais.

Palavras-chave: girassol; fertilizante orgânico; macroalgas.

ABSTRACT - In arid and semiarid areas, drought stress is one of the main limiting factors of agricultural production, causing plant species to modify their metabolism. Given this fact, it is important to seek techniques that contribute to better plant production. One of the techniques that can be used at low cost is the use of organic residues in the growth medium. Thus, the aim of this study was to evaluate the use of marine macroalgae as organic fertilizer for the cultivation of sunflower (*Helianthus annuus*) under conditions of water stress. The work was carried out under greenhouse conditions at Federal Institute of Education Science and Technology (IFCE) *Campus* Maracanaú, Ceará, Brazil, during the month of September 2019. Plant height, stem diameter, number of leaves, contents relative to chlorophyll, shoot dry matter, root dry matter and total dry mass of sunflower plants under irrigated and water stress conditions. Plants were collected at 21 days after sowing (DAS), and the suspension of irrigation occurred at 14 DAS. It was concluded that the use of algae as an organic fertilizer proved to be efficient in all variables analyzed, under control or stress conditions, the results obtained in treatments containing algae were superior or similar that with commercial fertilizers.

Key words: sunflower; organic fertilizer; macroalgae.

INTRODUÇÃO

Em áreas áridas e semiáridas o déficit hídrico é um dos principais limitantes da produção agrícola (XAVIER, 2014). A água exerce função essencial no processo de manutenção da vida, pois é o solvente principal para que ocorram os processos bioquímicos. Quando a quantidade desse recurso está abaixo da faixa necessária para boa manutenção do organismo, diz-se que o mesmo se encontra em estado de estresse hídrico (SOUSA, 2017).

As espécies vegetais sujeitas à deficiência hídrica modificam seu metabolismo através da ativação de diferentes mecanismos de tolerância com intuito de se aclimatarem à condição de estresse (BRITO et al., 2008). Os efeitos gerados provocam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas, com intensidades variáveis de acordo com a espécie vegetal e o grau de severidade do estresse (ARAÚJO et al., 2010).

O estresse hídrico gera mudanças como a redução do potencial hídrico, diminuição da taxa de fotossíntese, fechamento dos estômatos, redução da parte aérea, aceleração da senescência, abscisão das folhas, entre outras (FERRARI et al., 2015)

Diante desse fator limitante, é importante buscar técnicas que contribuam para melhor produção vegetal, mesmo em condições de estresse hídrico. Uma das técnicas que podem ser empregadas com baixo custo é a utilização de resíduos orgânicos como fertilizantes.

O uso de resíduos é uma gestão ambiental prática prevista no Relatório Nacional Brasileiro de Resíduos Sólidos Política (PNRS), Lei no. 12.305/2010. O aspecto ambiental também é adicionado, uma vez que o uso de resíduos orgânicos também permite a redução nos custos de produção (BRITO, 2018).

Um resíduo bastante abundante no litoral cearense são as algas marinhas que se desprendem de seus substratos e se acumulam na faixa de areia. De acordo com Ferreira (2020) a utilização desse material para adubação orgânica é viável.

Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou através de medições da altura das plantas, diâmetro dos caules, número de folhas, teores relativos de clorofila, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total avaliar a utilização de

macroalgas marinhas como fertilizante orgânico para o cultivo de plantas de girassol (*Helianthus annuus*) sob condições de estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de cultivo das plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) foi executado em casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) Campus Maracanaú, Ceará, Brasil, durante o mês de setembro de 2019.

A coleta de algas ocorreu de forma manual na Praia do Pacheco, Caucaia-CE, Brasil (3°41'12.4"S 38°38'10.0"W) sendo recolhidas algas que se desprenderam de seus substratos e se acumularam na faixa de areia durante a maré baixa (algas arribadas). O material foi lavado em água corrente de abastecimento. Posteriormente, foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, por aproximadamente 12h, até que a massa estivesse completamente seca. Após a etapa de secagem, as algas foram trituradas utilizando-se almofariz e pistilo. Uma amostra do material foi utilizada para a determinação de nitrogênio total (N), conforme a metodologia de Malavolta et al. (1997). Os valores foram empregados nos cálculos de materiais acrescidos aos substratos. Para o tratamento contendo húmus de minhoca, os dados foram cedidos pelo fabricante Fértil Vida Produtos Agrícolas LTDA.

As sementes de girassol (Cultivar BRS 323 cedidas pela Embrapa Produtos e Mercado) foram semeadas em vasos de plástico com volume de cinco litros, contendo:

- 1) 100% do Volume do vaso em areia em condições de irrigação;
- 2) Areia + 100% da Recomendação de Nitrogênio (RN) em húmus de minhoca em condições de irrigação;
- 3) Areia + 50% da RN em macroalgas mistas em condições de irrigação;

- 4) 100% do Volume do vaso em areia em condições de estresse hídrico;
- 5) Areia + 100% da RN em húmus de minhoca em condições de estresse hídrico;
- 6) Areia + 50% da RN em macroalgas mistas em condições de estresse hídrico.

A recomendação de nitrogênio para o girassol é de 60 kg de N.hectare⁻¹ (EMBRAPA, 2013). Para os vasos contendo macroalgas utilizou-se 50% da recomendação de nitrogênio conforme trabalhos de Brito (2018) e Brito (2020).

Todos os vasos foram irrigados a 80% da capacidade de campo por 14 dias. Após esse período, cada tratamento foi dividido em dois novos subgrupos, onde metade continuou recebendo irrigação diária e a outra metade teve a irrigação cessada por um período de 7 dias.

Foram realizadas medições dos teores relativos de clorofila, número de folhas, altura das plantas, diâmetro dos caules e massa seca aos 21 dias após semeadura (DAS). A massa seca foi determinada após secagem em estufa a 80 °C até atingir material com massa constante. Mensurou-se a parte aérea constituída por folhas + pecíolos + caules; as raízes e a massa seca total (parte aérea + raízes).

Os teores relativos de clorofila (Índice SPAD) foram medidos na primeira folha completamente expandida a contar do ápice, foram realizadas três leituras por folha, (no limbo foliar), utilizando-se o aparelho Chlorophyll Meter SPAD-502. Os diâmetros dos caules foram medidos através de paquímetro, o número de folhas por contagem manual e a altura da parte aérea através de uma régua, medindo-se da base do caule até a inserção da última folha completamente expandida. Os diâmetros dos caules foram medidos através de paquímetro, o número de folhas por contagem manual e a altura da

parte aérea através de uma régua, medindo-se da base do caule até a inserção da última folha completamente expandida.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado disposto em arranjo fatorial com duas condições de irrigação (Controle e Estresse) x três tipos de substratos (areia, húmus e algas), contendo cinco repetições com duas plantas por repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) através do programa estatístico AgroEstat. Os gráficos foram gerados utilizando-se o programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas interações significativas entre os fatores substrato (S) e irrigação (I) para as variáveis: diâmetro dos caules e número de folhas. Para a altura da parte aérea, apesar de não ter ocorrido interação S x I, os efeitos desses fatores foram observados isoladamente (Tabela 1). O estresse hídrico reduziu o crescimento das plantas de girassol, em comparação àquelas sob condições controle e a utilização de algas no substrato proporcionou maiores valores de altura.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância da altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (D), número de folhas (NF) e teores relativos de clorofila (TRC) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		A	D	NF	TRC
Substrato (S)	2	8,9870**	0,0298**	0,4935**	3160,1**
Irrigação (I)	1	1,0167**	0,0255**	0,0511**	3,8232 ^{ns}
S x I	2	0,0281 ^{ns}	0,0048**	0,0133**	26,730 ^{ns}
Erro	24	0,0205	0,0007	0,0016	15,225
Total Corrigido	29	-	-	-	-
CV (%)	-	4,135	3,2141	1,9477	5,4734

** $P \leq 0,01$ e ^{ns} = não significativo.

Para altura da parte aérea (Figura 1A), comprando-se a condição controle com a de estresse, observaram-se menores valores sob estresse hídrico em todos os substratos utilizados. O substrato que proporcionou maior crescimento em altura da parte aérea para as plantas de girassol foi o que continha o composto de algas, os valores médios para esse substrato foram superiores aos demais tanto em condição controle quanto em condição estresse. Com irrigação controle o tratamento algas foi 33% superior ao tratamento húmus e 62% superior ao tratamento areia, em condições de estresse o tratamento algas foi 29% superior ao húmus 63,5% superior ao areia.

Resultado semelhante foi encontrado no trabalho realizado por Alcântara (2020). Foi testada a tolerância de cultivares de gergelim ao estresse hídrico em cultivo com biofertilizante, e uma das conclusões dos autores é que o aumento da lâmina de irrigação afetou positivamente a altura das plantas, enquanto a condição estresse afetou negativamente, tanto dos tratamentos com biofertilizante quanto aqueles sem o composto.

Em relação ao diâmetro do caule (Figura 1B), a condição de estresse hídrico gerou diminuição dos valores médios no tratamento areia e no tratamento algas, enquanto o tratamento húmus não apresentou diferença estatística quando comparada à condição controle e a de estresse. Na condição controle os resultados mais expressivos foram para os tratamentos húmus e a algas, que apresenta valor médio 23% superior ao tratamento areia. Já na condição de estresse hídrico o valor médio mais expressivo foi para o tratamento húmus, sendo 19% superior aos demais grupos.

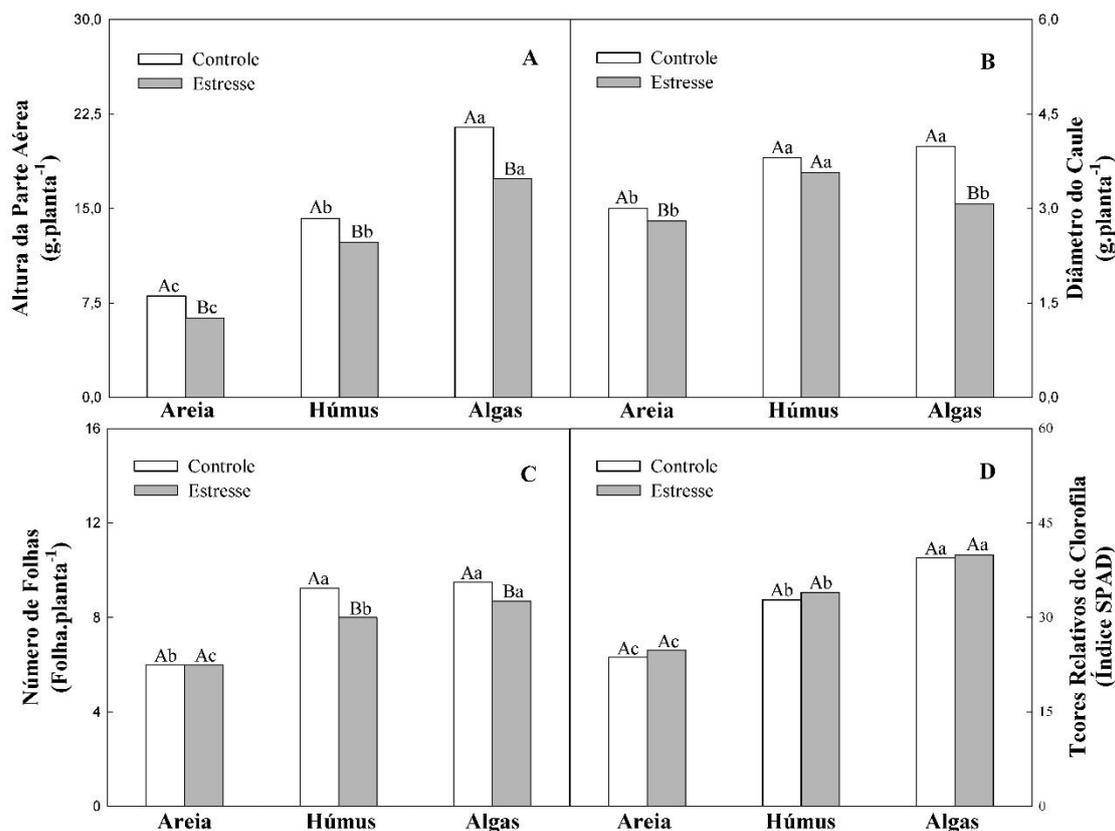
Para o número de folhas (Figura 1C), a condição de estresse hídrico ocasionou a diminuição dos valores médios para os tratamentos húmus e algas, não afetando o tratamento areia. Sob condições controle, o resultado mais expressivo foi para o tratamento algas juntamente com o húmus, sendo 35% superiores ao tratamento areia. Já

em condição de estresse, o maior resultado foi encontrado no tratamento algas, sendo 8% superior ao tratamento húmus e 31% superior ao tratamento areia.

Já para os teores relativos de clorofila (Figura 1D), a condição de estresse hídrico não alterou os valores médios de nenhum dos tratamentos. Os maiores valores foram encontrados no tratamento algas, sendo 16% superior ao tratamento húmus e 40% superior ao tratamento areia.

Resultado semelhante foi encontrado por Brito et. al. (2018). Conforme os autores, os maiores teores relativos de clorofila em girassol suplementados com algas se devem à elevada concentração de magnésio presente nesse composto, tendo em vista que o Mg é um dos elementos constituintes da molécula de clorofila.

Figura 1 - Altura da parte aérea (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam os valores das médias de 5 repetições.



Foram observadas interações significativas entre os fatores substrato (S) e irrigação (I) para massa seca da parte aérea e total. Já para a massa seca da raiz, apenas o fator substrato teve resultado expressivo, onde a utilização de algas proporcionou maior crescimento (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo das análises de variância da massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		MSR	MSPA	MST
Substrato (S)	2	457,58**	3,1974**	3,8115**
Irrigação (I)	1	4,4207 ^{ns}	0,0552*	0,0095 ^{ns}
S x I	2	0,6692 ^{ns}	0,0935**	0,1634**
Erro	24	1,3826	0,0129	0,0136
Total Corrigido	29	-	-	-
CV (%)	-	14,693	14,944	20,86

** $P \leq 0,01$; * $P \leq 0,05$ e ^{ns} = não significativo.

De acordo com a análise estatística, para massa seca da raiz (Figura 2A) não ocorreu diferença entre a condição de irrigação controle e a de estresse hídrico dentro de cada tratamento. Os valores mais expressivos foram para os tratamentos húmus e algas, sendo 84% superiores ao tratamento areia.

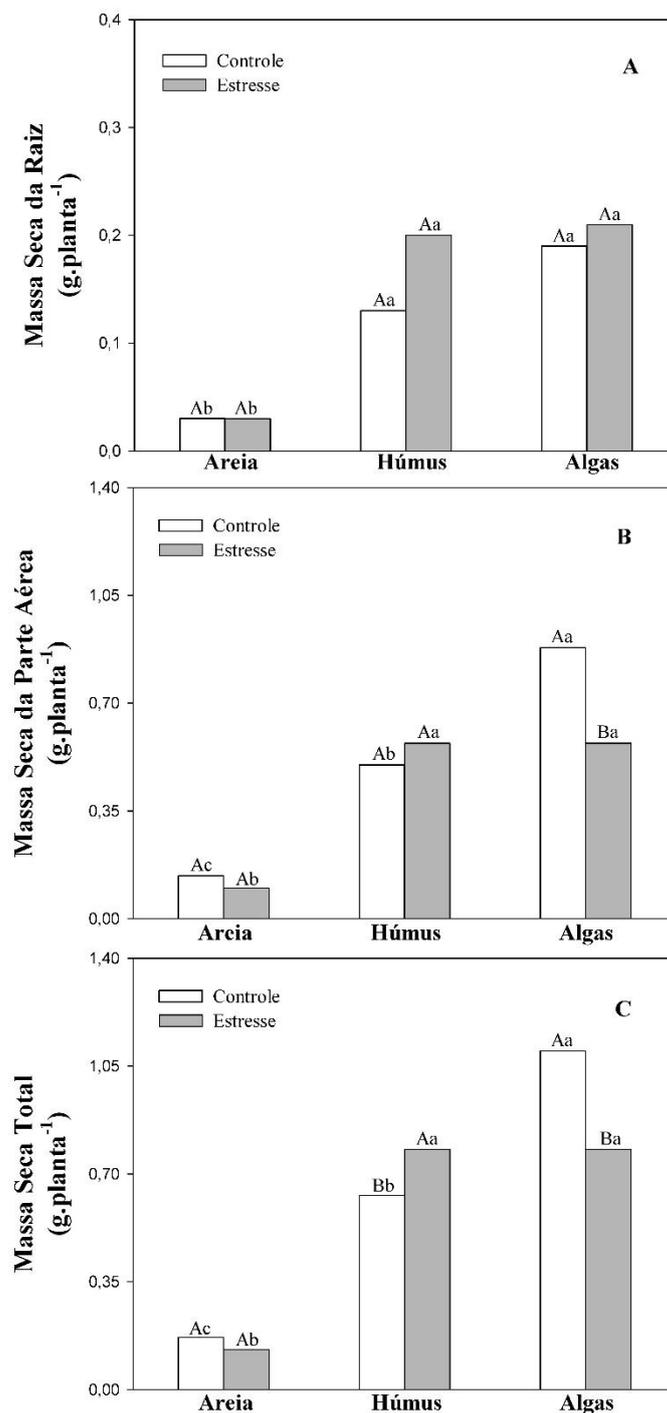
Já para massa seca da parte aérea (Figura 2B) a condição de estresse afetou o tratamento algas. O tratamento alga em condição controle foi superior estatisticamente ao tratamento alga em condição de estresse hídrico. Em condições controle o tratamento alga apresentou o valor médio mais expressivo, sendo 43% superior ao tratamento húmus e 84% superior ao tratamento areia. Para a condição de estresse, as maiores médias foram para o tratamento húmus, juntamente com o tratamento areia, apresentando valor 82% superior ao tratamento areia.

Para massa seca total (Figura 2C) o tratamento algas apresentou diminuição do valor médio, quando comparada a condição controle com a de estresse. No entanto, para o tratamento húmus ocorreu um leve aumento quando comparada a condição estresse com a controle. O tratamento areia não diferiu entre si. Para a condição de irrigação controle, o resultado mais expressivo foi para o tratamento algas, sendo 43% superior ao tratamento húmus e 84,5% superior ao tratamento areia. Para a condição de estresse não houve diferença entre o tratamento algas e o tratamento húmus, apresentado valor médio 83% superior ao tratamento areia.

Resultado semelhante foi observado por Ribeiro (2018). O autor estudou a restrição hídrica no crescimento e desenvolvimento de plantas de café, como resultado foi visto que a condição de estresse gerou diminuição da massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total.

O trabalho realizado por Braga (2017) observou os efeitos da suplementação com resíduo da atividade da carcinicultura em plantas de girassol submetidas a condições de estresse hídrico. Nesse estudo foi observado que a utilização de resíduo sólido de carcinicultura proporcionou melhoria no crescimento das plantas de girassol, tanto em condições controle como de estresse hídrico. Assim, reforçando os resultados encontrados no presente estudo.

Figura 2 - Massa Seca da Raiz (A), Massa Seca da Parte Aérea (B), Massa Seca Total (C), de plantas de girassol em substratos contendo areia, húmus ou composto orgânico de algas sob condições irrigadas ou de estresse hídrico. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam os valores das médias de 5 repetições.



Diante do exposto, é possível afirmar que a utilização de algas marinhas para a produção de girassol ocasionou resultados positivos, tanto em condições controle quanto de estresse hídrico. Assim, reforçando a importância da utilização desse resíduo orgânico de fácil acesso para a agricultura.

CONCLUSÃO

A utilização de algas no substrato proporcionou melhoria no crescimento das plantas de girassol, tanto em condições controle como de estresse hídrico, proporcionando maiores valores nas variáveis: altura, diâmetro, número de folhas, massa seca da raiz, da parte aérea e total.

A utilização de resíduo orgânico de algas pode ser uma alternativa aos fertilizantes comerciais mesmo em condições de estresse hídrico. Além disso, pode configurar uma destinação sustentável para essa matéria que muitas vezes é recolhida e redirecionada incorretamente.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S. A. C. *et al.* Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.
- BRAGA, B. B. *et al.* Efeitos da suplementação com resíduo da atividade da carcinicultura em plantas de girassol submetidas a condições de estresse hídrico. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 591-605, 2017.
- BRITO, L. K. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA, L. L. F.; TIMÓTEO, A. R. S.; CHAGAS, R. M.; MACEDO, C. E. C. Alterações no perfil de frações nitrogenadas em calos de cana-de-açúcar induzidas por déficit hídrico. **Revista Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p.683-690, 2008.
- BRITO, P. O. B. *et al.* Growth, relative chlorophyll content and concentration of inorganic solutes in sunflowers plants supplemented with marine macroalgae organic residue. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 395-401, 2018.
- DE ALCÂNTARA RIBEIRO, V. H.; ARRIEL, N. H. C.; FERNANDES, P. D. Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse hídrico em cultivo com biofertilizante. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64637-64660, 2020.
- DE BRITO, P. O. B. *et al.* CRESCIMENTO E TEORES RELATIVOS DE CLOROFILA EM PLANTAS DE GIRASSOL SUPLEMENTADAS COM ALGAS MISTAS, *Hypnea pseudomusciformis* OU *Ulva fasciata*. **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 533-537, 2020.

DE CARVALHO, C. G. P. et al. Cultivar de girassol BRS 323: híbrido com produtividade e precocidade. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.

DE SOUSA, R. F.; DE SOUSA, J. A. Metabólicos secundários associados a estresse hídrico e suas funções nos tecidos vegetais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 01-08, 2017.

NUNES JUNIOR, F. H. *et al.* Crescimento foliar e atividades das enzimas antioxidativas em plântulas de girassol suplementadas com percolado de aterro sanitário e submetidas a estresse hídrico. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 71-86, 2017.

DE SOUSA FERREIRA, G. *et al.* Algas arribadas da Praia do Pacheco, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 208-214, 2020.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas no mato grosso. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 3, n. 01, p. 67-77, 2015

RIBEIRO, A. F. F. *et al.* Paclobutrazol e restrição hídrica no crescimento e desenvolvimento de plantas de café. **Coffee Science**, v. 12, n. 4, p. 534-543, 2017.

XAVIER, D. A. *et al.* Produção de fitomassa do milho sob lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 144-148, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos estudos realizados nesse trabalho, verificou-se que é possível o aproveitamento e a utilização de macroalgas marinhas no cultivo de plantas de girassol. A suplementação em plântulas de girassol (*Helianthus annuus* L.) com algas influenciou positivamente as variáveis de crescimento e os processos fisiológicos e bioquímicos analisados nas condições de estresse hídrico, revertendo parcialmente os efeitos deletérios.

No primeiro capítulo, realizou-se a análise comparativa entre diferentes espécies de macroalgas marinhas como fertilizante orgânico para o cultivo de girassol, de acordo com a recomendação de nitrogênio da EMBRAPA para produção dessa oleaginosa. Como resultado, a utilização de algas marinhas mistas (sem seleção de espécies) na proporção de 50% da recomendação de nitrogênio, proporcionou o maior desenvolvimento das plantas de girassol nos parâmetros analisados. Portanto, optou-se pela utilização de algas mistas na proporção de 50% da recomendação de nitrogênio para os experimentos subsequentes em condições de estresse hídrico e salino.

No segundo capítulo, foram analisadas as respostas do girassol à utilização de algas no substrato em condições controle e de estresse salino nas variáveis biométricas, atividade enzimática antioxidativa e nos teores relativos de clorofila. Os resultados demonstraram que a utilização de algas proporcionou melhoria no desenvolvimento das plantas de girassol em condições controle, proporcionando maior desenvolvimento das variáveis de altura e massa seca da parte aérea, enquanto em condições de estresse salino, a utilização de algas se equiparou a utilização de húmus de minhoca.

No terceiro capítulo, foram avaliadas as respostas do girassol à utilização de algas no substrato em condições controle e de estresse hídrico. Como resultado, obteve-se que a utilização de algas proporcionou melhoria no crescimento das plantas de girassol, tanto em condições controle como de estresse hídrico, proporcionando maiores valores nas variáveis altura, diâmetro, número de folhas, massa seca da raiz, da parte aérea e total.

Perante o exposto, concluiu-se que as macroalgas marinhas arribadas podem ser aproveitadas na agricultura como fonte de nutrientes para plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) Recomenda-se a utilização de algas mistas, sem separação prévia, dosagem de 50% da recomendação de nitrogênio. Ressalte-se que no presente trabalho a aplicação de algas no substrato de cultivo das plântulas provou-se eficaz em minimizar os efeitos deletérios dos estresses hídrico e salino.

ANEXOS



Nativa, Sinop, v. 8, n. 4, p. 533-537, jul./ago. 2020.
 Pesquisas Agrárias e Ambientais
 DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.9244>
<http://www.ufmt.br/nativa>

ISSN: 2318-7670

Crescimento e teores relativos de clorofila em plantas de girassol suplementadas com algas mistas – *Hypnea pseudomusciformis* ou *Ulva fasciata*

Paulo Ovídio Batista de BRITO¹, Gabriela de Sousa FERREIRA¹, Francisco Ícaro Carvalho ADERALDO¹, Joana D'arck Farias BRAGA¹, Janacinta Nogueira de SOUZA¹, Franklin Aragão GONDIM^{1*}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, CE, Brasil.
 (Orcid: 0000-0001-8978-8241; 0000-0002-3778-326X; 0000-0001-6834-2160; 0000-0003-3072-6243; 0000-0001-8495-3017; *)
 *E-mail: aragaofg@yahoo.com.br (Orcid: 0000-0002-7168-2358)

Recebido em 15/10/2019; Aceito em 03/08/2020; Publicado em 28/08/2020.



CAPA SOBRE ACESSO CADASTRO PESQUISA ATUAL ANTERIORES NOTÍCIAS

Capa > [Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável](#)

REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (ISSN 1981-8203), periódico do Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas (GVAA) é editada trimestralmente, no formato eletrônico, destinando-se à divulgação de trabalhos científicos originais, elaborados em português, inglês ou espanhol. Com auxílio de pareceres de consultores através da prática da "avaliação por pareceres ad hoc". A Revista Verde iniciou no ano de 2006 na versão digital de acesso livre com escopo voltado para pesquisas em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Rural nas áreas de Ciências Agrárias, Ciências Ambientais, Ciências Alimentares, Biodiversidade, Zootecnia e Interdisciplinar.

CAPA	SOBRE	ACESSO	CADASTRO	PESQUISA	ATUAL	ANTERIORES	NOTÍCIAS
ED. ANTERIORES A 2005	MODELO ARTIGO	INSTRUÇÕES AOS AUTORES	TUTORIAL DE SUBMISSÃO				

Capa > v. 51, n. 4 (2020)

Revista Ciência Agronômica

A **Revista Ciência Agronômica**, (ISSN 0045-6888 impresso e 1806-6690 online) é publicada pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará desde 1971. Sua periodicidade é trimestral e os artigos nela publicados estão indexados nas seguintes bases: AGRIS, AGRICOLA, AGROBASE, CAB International, Cabell's International, CAPES, DOAJ, EBSCO Publishing, Google Acadêmico, ISI, LATINDEX, REDIB, SciELO e SCOPUS. É "B1" nas áreas de Ciências Agrárias, Ciências de Alimentos e Zootecnia/Recursos Pesqueiros. FATOR DE IMPACTO: 0.870/2019; SJR 2019: 0,500 Q2; SCOPUS Citescore 2019: 1,800; Google Scholar (Índice h5:17, Mediana h5:21).