



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

**RIFANDREO MONTEIRO BARBOSA**

**AVALIAÇÃO DO USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA  
DA PRECABURA - CE NA FERTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE  
GIRASSOL (*Helianthus annuus*) SOB ESTRESSE HÍDRICO**

**Maracanaú, Ceará**

**- 2024 -**

**RIFANDREO MONTEIRO BARBOSA**

**AVALIAÇÃO DO USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA  
DA PRECABURA - CE NA FERTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE  
GIRASSOL (*Helianthus annuus*) SOB ESTRESSE HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa 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.

**ORIENTADOR:**

**PROF. DR. FRANKLIN ARAGÃO GONDIM**

**COORIENTADORA:**

**STELAMARIS DE OLIVEIRA PAULA MARINHO**

**Maracanaú, Ceará**

**- 2024 -**

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)

---

- B238a    Barbosa, Rifandreo Monteiro.  
Avaliação do uso de macrófitas oriundas da Lagoa da Precabura - Ce na fertilização de plantas de girassol (helianthus annuus) sob estresse hídrico / Rifandreo Monteiro Barbosa. - 2024.  
78 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Energias Renováveis, Campus Maracanaú, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim.  
Coorientação: Prof. Dr. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho.
1. Macrófitas. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Produção agrícola. 4. Estresse Hídrico. 5. Girassol. I. Título.  
CDD 620.91
-

RIFANDREO MONTEIRO BARBOSA

AVALIAÇÃO DO USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA DA PRECABURA -  
CE NA FERTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE GIRASSOL (*Helianthus annuus*) SOD ESTRESSE  
HÍDRICO

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 30/04/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Dr<sup>a</sup>. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho

Bolsista Pós-Doc do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof. Dr. Roberto Albuquerque Pontes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Dedico esse trabalho,  
Em primeiro lugar a Deus,  
ao meu pai Ricardo Torres Barbosa,  
à minha mãe, Andrea da Silva Monteiro Barbosa,  
a minha esposa Mayara Rodrigues Pinho Arruda,  
e ao meu filho, Noah Monteiro Arruda,  
com muito amor e admiração.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por sua fidelidade, cuidado e por me dar forças e sabedoria em cada momento nessa jornada, foi fundamental para eu poder chegar até aqui.

Segundo ao meu amigo, professor e orientador Franklin Aragão Gondim pela confiança depositada em minha jornada acadêmica e pelo incansável incentivo à minha formação. Seu exemplo e empenho me motivaram e motivam a ser não só um profissional mesmo, mas uma pessoa melhor. Obrigado pela sua dedicação e empenho para sempre mostrar o melhor caminho a ser seguido.

A meus pais, Ricardo Torres Barbosa e Andrea da Silva Monteiro Barbosa, que com muito mérito, sempre foram meus exemplos de vida, desde a educação, como relacionamento. Apesar de todas as dificuldades, sempre deram o melhor para mim e aos meus irmãos João Pedro e Athila, aos quais, também agradeço por me fortalecerem e serem suporte em tantos momentos.

À minha companheira de vida, Mayara Rodrigues Pinho Arruda, por me fortalecer e caminhar ao meu lado na busca de todos os nossos projetos de vida. Seu cuidado e comprometimento foram fundamentais em essa conquista. Além disso, não poderia me presentear com o melhor de nossas vidas, nosso filho Noah, o qual é uma benção nos dada sem medidas por Deus.

Aos meus estimados amigos e amigas do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal, por toda a ajuda, amizade e convivência ao longo desta jornada. A colaboração e o suporte de vocês foram fundamentais para o sucesso desta pesquisa.

Aos componentes da banca Dr.<sup>a</sup> Stelamaris de Oliveira Paula Marinho, Dr. Roberto Albuquerque Pontes Filho e Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

## RESUMO

BARBOSA R. M. **AValiação do uso de macrófitas oriundas da Lagoa da Precabura - CE na fertilização de plantas de girassol (*Helianthus annuus*) sob estresse hídrico**. Orientador: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. (Dissertação). Coorientadora: Stelamaris de Oliveira Paula Marinho. 2024.

A região do semiárido brasileiro apresenta baixa disponibilidade hídrica, além de solos rasos e pobres em matéria orgânica, o que afeta o desenvolvimento da produção agrícola. Ademais, nessa região, muitos corpos hídricos têm apresentado elevados níveis de eutrofização, e conseqüentemente crescimento desordenado de macrófitas aquáticas, como é o caso da Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio – Ce. É importante destacar, que devido ao seu crescimento excessivo e à rápida taxa de colonização, as macrófitas podem estabelecer populações abundantes que afetam negativamente a dinâmica das comunidades aquáticas. Todavia, as macrófitas apresentam grande capacidade de absorção e disponibilização de nutrientes, que por sua vez podem ser utilizados na composição de substratos para a produção de mudas. Visando o viés energético, alguns vegetais apresentam importantes características para geração de energia sustentável, dentre essas espécies, destaca-se a *Helianthus annuus* L., popularmente conhecida como girassol, considerada versátil, que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis e, apresenta ampla capacidade de aclimação. Além disso, é uma oleaginosa e dispõe de grande potencial para produção de biocombustíveis como o biodiesel. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo caracterizar a capacidade de produção de biomassa em macrófitas da Lagoa da Precabura (em Fortaleza-CE) e investigar o potencial da aplicação dessas espécies em formato de composto orgânico no cultivo de plantas de girassol sob condições de déficit hídrico, a partir da avaliação de variáveis morfofisiológicas. A primeira etapa seguiu com base na metodologia de coleta e identificação das espécies encontradas. O estudo foi realizado para o ano de 2022 por meio do uso de imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS C1 Level-1, com aplicação de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e classificação supervisionada. As imagens e os mapas foram processados através do software livre QGIS. As análises mostraram que a Lagoa da Precabura apresentou uma área ocupada por macrófitas de aproximadamente 146.996,00 m<sup>2</sup>, e conforme metodologia aplicada, foi possível determinar que a área de estudo tem uma capacidade

de produção de biomassa de aproximadamente de 44,1 ton. de Nitrogênio em ROMM. Em seguida, foram realizadas duas novas etapas, em formato de experimentos consecutivos na casa de vegetação pertencente ao IFCE – *Campus* Maracanaú. A segunda etapa, objetivou analisar a viabilidade do uso de macrófitas aquáticas coletadas na Lagoa da Precabura – Ce. Ao todo foram escolhidos dez pontos de coleta distribuídos pelas margens. Dentre as plantas coletadas, quatro espécies foram identificadas, sendo as espécies e seus respectivos números do herbário: *Salvinia auriculata* (62236), *Pistia stratiotes* (49794), *Neptunia oleracea Lour* (38200) e *Eichhornia crassipes (Mart.) Solms* (49095). O material foi disposto para secar a sol pleno por cerca de 20 dias, de forma separada por cada espécie, e um mix composto pelas quatro espécies, o qual foi denominado de Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM. Após seco, foram escolhidas as espécies de macrófitas para serem usadas, sendo o ROMM e de forma separada, a *Pistia stratiotes* e *Neptunia oleracea Lour*, estas, escolhidas pelo fato de poucos trabalhos serem encontrados nessa temática. Para o primeiro experimento (segunda etapa) foram utilizados oito tratamentos, compostos por: somente substrato areia (controle), uma concentração de fertilizante orgânico ideal (NPK e microelementos) a 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> (100% da recomendação de N para espécie), duas concentrações equivalentes a 80 e 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> (respectivamente 100% e 200% da recomendação de N para espécie) de três variações de macrófitas, divididas entre as espécies encontradas (*Pistia stratiotes*, *Neptunia oleracea Lour* e ROMM). Após coleta e análises de dados, concluiu-se que, nas condições experimentais empregadas, o uso das macrófitas aquáticas ocasionou incrementos nas variáveis de crescimento analisadas, em comparação ao areia, com destaque para a *Neptunia oleracea* a 160 kg.N.ha<sup>-1</sup>. A terceira etapa (segundo experimento), incrementou a aplicação do déficit hídrico e utilizou as melhores concentrações de macrófitas obtidas na segunda etapa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 2x4, sendo dois tratamentos hídricos (com irrigação e sem irrigação) e quatro tipos de substratos: 1) 100% em volume de areia (ausência de fertilizante); 2) NPK na formulação 10:10:10 (segundo-se recomendação da cultura de 80kg de N.ha<sup>-1</sup>); 3) *Neptunia* a 160kg de N.ha<sup>-1</sup> e 4) ROMM a 160kg de N.ha<sup>-1</sup>. Aos 33 dias após a semeadura (DAS), 6 dias sob déficit hídrico, concluiu-se, que a utilização de macrófitas aquáticas pode ter contribuído, pelo menos parcialmente, para atenuar os efeitos deletérios do estresse hídrico no crescimento das plantas. Além disso, a espécie *Neptunia oleracea* a 160 kg.N.ha<sup>-1</sup> proporcionou maiores incrementos na altura da planta, número de folhas, teores relativos de clorofila, massa



fresca das raízes, além de um melhor índice de tolerância à seca, nas duas condições de irrigação avaliadas.

**Palavras-chave:** adubação orgânica; sensoriamento remoto; déficit hídrico.

## ABSTRACT

BARBOSA R. M. **Potential use of macrophytes from Precabura Lagoon, Fortaleza, Ceará in fertilizing sunflower plants (*Helianthus annuus*)**. Advisor: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. (Msc. Dissertation). Co-Advisor: Stelamaris de Oliveira Paula Marinho. 2024.

The Brazilian semiarid region has low water availability, in addition to shallow soils poor in organic matter, which affects the development of agricultural production. Furthermore, in this region, many water bodies have presented high levels of eutrophication, and consequently disordered growth of aquatic macrophytes, as is the case of Lagoa da Precabura, located between the municipalities of Fortaleza and Eusébio - Ceará. It is important to highlight that, due to their excessive growth and rapid colonization rate, macrophytes can establish abundant populations that negatively affect the dynamics of aquatic communities. However, macrophytes have a great capacity for absorption and availability of nutrients, which in turn can be used in the composition of substrates for seedling production. Aiming at the energy bias, some plants have important characteristics for sustainable energy generation. Among these species, *Helianthus annuus* L. stands out, popularly known as sunflower, considered versatile, which grows well in most arable soils and has a wide acclimatization capacity. Furthermore, it is an oilseed and has great potential to produce biofuels such as biodiesel. In this context, the research aimed to characterize the biomass production capacity of macrophytes in Lagoa da Precabura and to investigate the potential for applying these species in the form of organic compost in the cultivation of sunflower plants under water deficit conditions, based on the evaluation of morphophysiological variables. The first stage was based on the methodology for collecting and identifying the species found. The study was carried out for the year 2022 using images from the Landsat 8 satellite, OLI/TIRS C1 Level 1 sensor, with application of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and supervised classification. The images and maps were processed using the free QGIS software. The analyses showed that the Precabura Lagoon had an area occupied by macrophytes of approximately 146.996,00 m<sup>2</sup>, and according to the applied methodology, it was possible to determine that the study area has a biomass production capacity of approximately 44,1 tons of nitrogen in ROMM. Then, two new stages were carried out, in the form of consecutive experiments in the greenhouse belonging to the IFCE - Campus Maracanaú.

The second stage aimed to analyze the feasibility of using aquatic macrophytes collected in the Precabura Lagoon - Ce. In total, ten collection points were chosen and distributed along the banks. Among the plants collected, four species were identified, being the species and their respective herbarium numbers: *Salvinia auriculata* (62,236), *Pistia stratiotes* (49,794), *Neptunia oleracea* Lour (38,200) and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (49,095). The material was left to dry in full sun for about 20 days, separately for each species, and a mix composed of the four species was called Mixed Organic Residue of Macrophytes - ROMM. After drying, the species of macrophytes to be used were chosen, being the ROMM and separately, *Pistia stratiotes* and *Neptunia oleracea* Lour, these, chosen because few works were found on this subject. For the first experiment (second stage), eight treatments were used, consisting of: only sand substrate (control), an ideal organic fertilizer concentration (NPK and microelements) at 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (100% of the N recommendation for the species), two concentrations equivalent to 80 and 160 kg N.ha<sup>-1</sup> (respectively 100% and 200% of the N recommendation for the species) of three variations of macrophytes, divided among the species found (*Pistia stratiotes*, *Neptunia oleracea* Lour and ROMM). After data collection and analysis, it was concluded that, under the experimental conditions employed, the use of aquatic macrophytes caused increases in the growth variables analyzed, in comparison to sand, with emphasis on *Neptunia oleracea* at 160 kg.N.ha<sup>-1</sup>. The third stage (second experiment) increased the application of water deficit and used the best concentrations of macrophytes obtained in the second stage. The experimental design was completely randomized, arranged in a 2 x 4 factorial arrangement, with two water treatments (with and without irrigation) and four types of substrates: 1) 100% sand by volume (no fertilizer); 2) NPK in the formulation 10:10:10 (following the crop recommendation of 80 kg N.ha<sup>-1</sup>); 3) *Neptunia* at 160 kg N.ha<sup>-1</sup> and 4) ROMM at 160 kg N.ha<sup>-1</sup>. At 33 days after sowing (DAS), 6 days under water deficit, it was concluded that the use of aquatic macrophytes may have contributed, at least partially, to attenuate the deleterious effects of water stress on plant growth. Furthermore, the *Neptunia oleracea* species at 160 kg.N.ha<sup>-1</sup> provided greater increases in plant height, number of leaves, relative chlorophyll content, fresh root mass, in addition to a better drought tolerance index, in both irrigation conditions evaluated.

**Keywords:** organic fertilizer; remote sensing; water deficit.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1 - USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM MACRÓFITAS PRESENTES NA LAGOA DA PRECABURA - CE

- Figura 1:** Área de estudo definida na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio - Ce e os dez pontos de coleta..... 34
- Figura 2:** Amostras de macrófitas coletadas, respectivamente nos pontos: 01, 05 e 10 na Lagoa da Precabura, entre os municípios de Fortaleza e Eusebio, CE em junho de 2022. .... 35
- Figura 3:** Imagens com tombo da plataforma Species Link, representando as macrófitas coletadas na Lagoa da Precabura - Ce, sendo da esquerda para direita: Eichhornia crassipes, Neptunia oleracea Lour, Salvinia auriculata e Pistia stratiotes. .... 37
- Figura 4:** Massa Fresca Total (MF<sub>total</sub>) e Massa Seca Total (MS<sub>total</sub>) de diferentes espécies de macrófitas, após o processo de 20 dias de secagem a sol pleno e 24h em estufa automática a 60 °C. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As barras representam os valores das médias de 3 repetições  $\pm$  o erro padrão. .... 38
- Figura 5:** Representação NDVI na área de estudo da Lagoa da Precabura, seguindo a classificação seguiu-se os valores da água = NDVI<0,10; nuvens = NDVI<0,20; solo exposto = 0,20<NDVI<0,40; macrófitas aquáticas = 0,40<NDVI<0,80. .... 40

### CAPÍTULO 2 - POTENCIAL USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA DA PRECABURA, FORTALEZA, CEARÁ NA ADUBAÇÃO DE PLANTAS DE GIRASSOL (*Helianthus annuus*)

- Figura 1:** Plantas de girassol, cv. BRS 323, aos 35 dias após a semeadura (DAS), contendo apenas areia (controle), NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), as espécies de macrófitas Pistia stratiotes (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), Neptunia oleracea (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>). .... 49
- Figura 2:** Massas secas da raiz (A), parte aérea (B), total (C) e razão parte aérea e raiz (D) de plantas de girassol aos 35 dias após a semeadura em substratos contendo , controle, NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), as espécies de macrófitas Pistia (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e Neptunia (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>).

Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de *Tukey* ( $P \leq 0,05$ ). As barras representam os valores das médias de 6 repetições  $\pm$  o erro padrão. .... 53

**Figura 3:** Representação geral das respostas morfofisiológicas de plantas de girassol, cv. BRS 323, a diferentes tratamentos de cultivo com resíduos de macrófitas aquáticas aos 35 dias. As plantas de referência (controle) foram cultivadas apenas em substrato areia, sem a presença de fertilizante nitrogenado (linha preta). Os outros tratamentos foram realizados pelo acréscimo de NPK (formulação 10:10:10) a 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (linha laranja), as espécies de macrófitas *Pistia* a 80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup> (linhas rosa e marrom, respectivamente) e *Neptunia* a 80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup> (linhas cinza e vermelha, respectivamente), e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM a 80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup> (linhas azul e verde, respectivamente). Diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), teor relativo de clorofilas (TRC), altura de planta (AP), parte aérea (MS<sub>PA</sub>), total (MS<sub>Total</sub>) e razão massa seca da parte aérea e raiz (MS<sub>PA/Raiz</sub>)..... 55

### **CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO DE GIRASSOL SOB DÉFICIT HÍDRICO SUPLEMENTADAS COM MACRÓFITAS RETIRADAS DA LAGOA DA PRECABURA – CE.**

**Figura 1:** Pontos de coleta na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio - Ce, sendo dez começando a esquerda com P01, sucessivamente até o P10. .... 63

**Figura 2:** Plantas de girassol, cv. BRS 323, aos 33 dias após a semeadura (DAS), submetidas aos tratamentos sem adubação (controle - 1), com fertilizante NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup> - 2), adubadas com o resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup> - 3), e com a espécie de macrófita *Neptunia oleracea* (160 kg N.ha<sup>-1</sup> - 4) nas condições de plena irrigação (A) e sob déficit hídrico (6 dias de suspensão de irrigação) (B)..... 65

**Figura 3:** Altura da planta (A), número de folhas (B), diâmetro caulinar (C) e teores relativos de clorofila (D) de plântulas de girassol, cv. BRS 323, aos 33 dias após a semeadura (DAS), submetidas aos tratamentos sem adubação (contendo apenas areia - controle), com NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), com *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e com resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>), nas condições de irrigação plena (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) com duração de 6 dias de suspensão de irrigação. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre regimes de irrigação dentro de um mesmo tratamento de adubação, enquanto as letras minúsculas

indicam diferenças significativas em relação aos diferentes tratamentos de adubação em um mesmo regime de irrigação, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). ..... 67

**Figura 4:** Massa fresca da raiz (A), parte aérea (B) e massa fresca total (C) de plantas de girassol aos 33 dias após a semeadura (DAS), cultivadas na ausência de adubação (controle), com NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), com *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e com resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>), nas condições irrigada (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) (6 dias de suspensão de irrigação). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). ..... 69

**Figura 5:** Índice relativo de tolerância ao estresse de plantas de girassol aos 33 dias após a semeadura (DAS), contendo apenas areia (controle), NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) nas condições irrigada (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) (6 dias de suspensão de irrigação). As letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para cada variável foi realizada uma análise estatística independente..... 70

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1 - USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM MACRÓFITAS PRESENTES NA LAGOA DA PRECABURA – CE

**Tabela 1:** Representação dos pontos de coletas na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio - Ce. Sistema de coordenadas na projeção Universal Transverse Mercator (UTM) com fuso 24 Sul (24S). ..... 33

**Tabela 2:** Análise química da matéria do Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM, retirado da Lagoa da Precabura - Ce..... 38

**Tabela 3:** Representação dos pontos de coletas na Lagoa da Precabura. Sistema de coordenadas na projeção Universal Transverse Mercator (UTM) com fuso 24 Sul (24S). ..... 40

## **CAPÍTULO 2 - POTENCIAL USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA DA PRECABURA, FORTALEZA, CEARÁ NA ADUBAÇÃO DE PLANTAS DE GIRASSOL (*Helianthus annuus*)**

**Tabela 1:** Análise físico-química das macrófitas utilizados na composição dos substratos para cultivo de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.). ..... 48

**Tabela 2:** Altura da planta (cm planta<sup>-1</sup>), diâmetro caulinar (mm planta<sup>-1</sup>), número de folhas e teores relativos de clorofila (unidades arbitrárias) de plântulas de girassol, aos 21 e 35 DAS, controle, NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), as espécies de macrófitas Pistia (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), Neptunia (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>). As colunas representam os valores das médias de 6 repetições. Valores seguidos por letras distintas numa mesma coluna representam diferenças estatísticas entre os tratamentos, de acordo com teste de Tukey  $p \leq 0,05$ ). Para cada variável foi realizada uma análise estatística independente. .... 50

### **ANEXOS**

**Anexo 1:** Comprovante de submissão do artigo 3 na Revista Delos ..... 76

**Anexo 2:** Capa da publicação do artigo 2 na Revista Observatório de la Economia Latinoamericana, Curitiba, v.12, n.3, p. 01-20. 2024..... 77

**Anexo 3:** Comprovante de submissão do artigo 3 na Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA. .... 78

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 O estresse hídrico em plantas .....	17
2.2 Macrófitas .....	17
2.3 Sensoriamento Remoto.....	19
2.4 Girassol.....	19
2.5 Biodiesel.....	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 Objetivo geral .....	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL .....	22
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
CAPÍTULO 1 .....	30
CAPÍTULO 2 .....	44
CAPÍTULO 3 .....	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74
ANEXOS.....	76



## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida tem como uma das principais características os solos pedregosos, rasos e com baixos teores de nutrientes, além dos grandes períodos de seca, causando, assim um déficit hídrico, caracterizado por baixos valores de precipitação, altas taxas de evapotranspiração e baixa umidade, o que afeta diretamente na produtividade agrícola. BITTENCOURT & SILVA, 2018, NIU *et al.* 2017; LUCENA *et al.*, 2021; PAULA *et al.*, 2020). Segundo De Moraes Campos *et al.* (2021), a falta de água promove problemas como a redução da fotossíntese e em casos severos pode causar a morte da planta, por conta do fechamento de seus estômatos como forma de defesa, assim, causando danos ao crescimento e ao desenvolvimento da planta.

É importante destacar que a região semiárida tem enfrentado outros problemas, conforme explanado por Poveda (2022), onde observou que diversos corpos hídricos dessas regiões estão ameaçados devido a diversos fatores, tais como alterações climáticas, ações antrópicas e o aumento da eutrofização (escoamento de áreas agrícolas, industriais ou urbanas), que conseqüentemente favorecem o estabelecimento de plantas aquáticas, como as macrófitas flutuantes.

Diversos estudos têm sido publicados sobre os diferentes papéis ecológicos que as macrófitas aquáticas exercem, tais como, a importância na ciclagem de nutrientes, na manutenção da funcionalidade de ambientes alagados e rios, servindo como nicho para abrigo e fonte alimentar de peixes (LU *et al.*, 2018). Todavia, quando há sobressaltos no crescimento de sua biomassa ou na área de colonização, podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dos corpos hídricos (POMPÊO, 2017). Uma forma de entender essas ocupações desordenadas, seria um levantamento dessas áreas, em busca de identificar e caracterizar essas ocupações, entendendo que o conhecimento das superfícies efetivas de água nos reservatórios é vital para uma gestão eficiente da água (ZHANG *et al.*, 2018).

Uma dessas ferramentas, seria a monitorização *in situ* de corpos hídricos, que muitas vezes se torna inviável, devido a sua extensão em área e muitas vezes ao afastamento de acessos para carros e/ou equipamentos. Dentro desse cenário, ressalta-se o sensoriamento remoto, que segundo Duffy *et al.* (2019), deve ser levado em consideração em pesquisas de fenômenos de grandes dimensões em comunidades de vegetação aquática. Além disso, é uma ferramenta de grande importância para identificação dessas áreas eutrofizadas que apresentam o crescimento desordenado de macrófitas (CARVALHO & CARVALHO, 2012).

Como forma de unir o sensoriamento remoto à viabilidade do uso de macrófitas como fonte alternativa de nutrientes e levando em consideração o viés energético, foi realizada a escolha do girassol (*Helianthus annuus* L.), o qual é uma oleaginosa que dispõe de grande potencial para produção de biocombustíveis como o biodiesel, destacando-se, como uma das culturas mais empregadas para essa produção no mundo (GARCIA, 2022; MARINHO, 2022),

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização das macrófitas como fertilizante orgânico na composição de substratos para o cultivo de plantas de girassol. Adicionalmente, verificar se os efeitos deletérios em plantas de girassol submetidas ao déficit hídrico foram diminuídos com o uso desse composto de macrófitas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 O estresse hídrico em plantas**

O déficit hídrico é um dos principais problemas agrícolas que reduz o rendimento das culturas nas regiões áridas e semiáridas do mundo, onde se inclui o Nordeste brasileiro (NIU *et al.* 2017).

Uma das estratégias utilizadas pelas plantas para evitar o status de déficit hídrico no solo é o fechamento estomático, seguido de mudanças metabólicas e morfológicas. Dentre as mudanças, destaca-se o ajustamento osmótico através de acúmulo de solutos inorgânicos no vacúolo ou síntese de solutos orgânicos no citosol (CRUZ, 2023). Segundo Laxa *et al.* (2019), o déficit hídrico ocasiona redução na disponibilidade de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente na taxa de fixação do carbono.

Para contornar os problemas causados pelo estresse oxidativo, as plantas possuem sistemas enzimáticos antioxidativos que constituem uma importante defesa primária para eliminar o excesso das espécies reativas de oxigênio (EROs). Destacam-se as enzimas dismutase do superóxido (SOD), a peroxidase do ascorbato (APX), a Catalase (CAT) e a peroxidase do Guaiacol (GPX). Adicionalmente, há um sistema de osmoproteção mediado por solutos compatíveis e removedores de radicais livres, como a prolina (ARAÚJO *et al.*, 2018; GONÇALVES, 2017).

### **2.2 Macrófitas**

As macrófitas constituem uma importante comunidade de ecossistemas aquáticos; por sua abundância, alta produtividade e contribuição para a diversidade biológica,

constantemente essas espécies de plantas proliferam-se de forma indesejada e prejudicam o uso múltiplo dos lagos, represas e rios, havendo necessidade de utilização de técnicas de controle. Mesmo com essa característica, algumas dessas plantas têm sido utilizadas em sistemas de tratamento de efluentes, na recuperação de ambientes degradados e também como plantas ornamentais (ANDRADE *et al.*, 2017). No Brasil as espécies mais comuns são as do gênero *Eichhornia*, *Pistia* e *Egeria* (GOMES, 2020).

A classificação destes organismos pode ser feita de acordo com o modo de vida no ambiente aquático, sendo caracterizada da seguinte forma (WU *et al.*, 2015, REZANIA *et al.*, 2016; UFSCAR, 2016):

- **Emersas:** enraizadas no sedimento, porém as folhas crescem para fora da água.  
Ex: Junco, Taboa;
- **Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes:** enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da água. Ex: Lírio d'água, Vitória-régia;
- **Macrófitas aquáticas submersas enraizadas:** enraizadas, crescendo totalmente debaixo d'água. Ex: Elódea, Cabomba;
- **Macrófitas aquáticas submersas livres:** Permanecem flutuando debaixo d'água. Podem se prender a pecíolos e caules de outras macrófitas. Ex: Utriculária;
- **Macrófitas aquáticas flutuantes:** Flutuam livremente na superfície da água. Ex: Alface d'água, Aguapé, Orelha-de-rato

Quanto a reprodução, as macrófitas podem se propagar de forma vegetativa, por secção da planta, e também por forma sexuada. Para isso, concentram altos teores de açúcares nas flores ou inflorescência, outras podem produzir esporos, que podem ser levados pela água (DEMARCHI *et al.*, 2018; PIEDADE *et al.*, 2018).

O uso agrícola das macrófitas representa uma alternativa interessante para destinação desse resíduo que, além de evitar problemas ambientais e produzir fertilizantes orgânicos, promove a reciclagem da matéria orgânica, uma vez que o resíduo é tratado naturalmente e se transforma em biomassa nutritiva para plantas, pelo processo de compostagem, que ocorre pela ação de microrganismos, enquanto na vermicompostagem ocorre uma relação simbiótica entre minhocas e microrganismos presentes no trato digestório destas (VALENTE *et al.*, 2018). Segundo Barbosa, *et al.* 2019 e Souza *et al.* 2019, as macrófitas apresentaram resultados positivos quando utilizadas como fonte de nutrientes no cultivo de plantas como girassol e coentro.

### 2.3 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto é um conjunto de técnicas com finalidade de obtenção de informações a partir da detecção e mensuração das mudanças no espaço geográfico (VAN ZYL *et al.*, 1987). De acordo com Galo *et al.* (2002), o sensoriamento remoto tem grande potencial para identificar e explicar a complexa dinâmica das macrófitas por meio da espacialização de informações da superfície num ambiente geográfico formado por geo-objetos. Além disso, facilita a visualização de fenômenos geográficos com muitas variáveis ou dados, reduzindo a subjetividade das análises e possibilitando uma melhor explicação dos resultados na forma de mapas (NAGENDRA *et al.*, 2013).

Nos últimos anos, foi possível observar alguns estudos que também utilizaram o sensoriamento remoto para avaliar a distribuição de macrófitas como o de Zhang *et al.*, (2018) que realizaram o mapeamento da superfície da água em reservatórios cobertos por macrófitas no nordeste brasileiro, Silva *et al.*, (2010), que estudaram a variabilidade espacial e temporal de macrófitas na planície de inundação da Amazônia Oriental, e Lima *et al.* (2019), que utilizaram uma análise espaço-temporal do crescimento de macrófitas e sua aplicação no monitoramento de água.

### 2.4 Girassol

Na safra de 2019, o país produziu cerca de 150 mil toneladas de grãos da planta. O girassol é uma cultura com excelente perspectiva de expansão no Brasil, em função de suas características (ampla aclimação aos diferentes ambientes, qualidade do óleo, tolerância à seca, etc.) (LUSTRI *et al.*, 2017).

O girassol é uma planta que se aclimata em diversas condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o Estado de Roraima. Apesar do potencial da cultura do girassol como componente de sistemas de produção mais diversificados e rentáveis, caracteriza-se como um cultivo que apresenta enorme variabilidade da área cultivada, de uma safra para outra, nos diferentes estados brasileiros (BRASIL 2022).

A planta apresenta uma estratégia para elevar a eficiência para absorção da energia solar. Ao amanhecer, com o surgimento do sol, as folhas direcionam-se o mais perpendicularmente possível em relação aos raios solares. Esse movimento, conhecido como heliotropismo, ocorre somente em folhas jovens e melhora a eficiência de captação da luz, elevando a taxa fotossintética diária em até 23 % (SHELL; LANG, 1976).

No Nordeste, o girassol ainda não está presente em grandes plantações, devido principalmente à carência da disponibilidade de novas tecnologias para os agricultores, o que resulta nos baixos rendimentos da cultura. No entanto, o girassol apresenta boa tolerância à seca e ao calor, grande potencial agro energético, fácil gerenciamento e boa performance econômica (BRAGA *et al.*, 2017).

## 2.5 Biodiesel

Dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis, óleos e gorduras de origem vegetal têm sido largamente investigados em programas de energia renovável por possibilitarem a geração descentralizada de energia e por oferecerem alternativas aos problemas econômicos e socioambientais (RAMOS, *et al.*, 2017). Segundo Freitas *et al.* (2013), o biodiesel é uma fonte energética alternativa considerada limpa, quando comparada aos combustíveis derivados do petróleo. Além disso, seus subprodutos possuem teores reduzidos de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarbonetos totais (SHAHID e JAMAL, 2011).

Em termos gerais, o biodiesel é uma substância biodegradável, formada por ésteres de ácidos graxos de cadeia longa. Sua obtenção pode ser feita por processos como o de transesterificação a partir de óleos vegetais ou gorduras animais (KINNAL *et al.*, 2018). O Brasil se situa em uma região privilegiada devido ao clima tropical, alta luminosidade e recursos hídricos, o que favorece uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção do biodiesel, como a soja, girassol, mamona, milho, pinhão-manso, amendoim, entre outras. Segundo Costa *et al.* (2020), “entre 2005 e 2017 foram produzidos mais de 29 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, números que consolidam o país como segundo maior produtor e consumidor, antecedido pelos Estados Unidos.

Pelo fato de as oleaginosas possuírem alta viscosidade, elas são inviáveis para o uso em sua forma bruta, pois poderão causar danos ao motor do veículo. Em virtude disso, os óleos vegetais passam por uma reação de transesterificação, onde os triglicérides reagem com um álcool de cadeia curta, juntamente com um catalisador, formando misturas de monoalquil ésteres e glicerina, resultando em um biocombustível com viscosidade próxima ao diesel fóssil (SILLANPÄÄ; NCIBI, 2017).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo caracterizar a capacidade de produção de biomassa das macrófitas presentes na Lagoa da Precabura, situada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio – Ce, e investigar o potencial da aplicação dessas espécies em formato de composto orgânico no cultivo de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) sob condições de estresse hídrico.

#### 3.2 Objetivos específicos

Antes do cultivo com resíduos de macrófitas:

- Caracterizar a área da Lagoa da Precabura - CE, levantando as espécies de macrófitas aquáticas flutuantes existentes;
- Elaborar um mapa com ferramentas de geoprocessamento para estimar a área em metros quadrados ocupada pelas macrófitas em relação a área da lagoa;
- Realizar o cálculo do potencial de produção de biomassa em macrófitas a partir da quantidade de nitrogênio (N).

Em plantas de girassol suplementadas com o fertilizante produzido a partir de resíduos de macrófitas aquáticas:

- Identificar o teor de nitrogênio (N) em macrófitas e determinar a(s) melhor(es) espécie(s) que proporciona(m) maior crescimento das plantas;
- Avaliar as variáveis de crescimento (produção de matéria fresca e seca; altura da parte aérea, área foliar; diâmetro do caule e número de folhas) e teores relativos de clorofila;
- Analisar as implicações da aplicação dos resíduos de macrófitas e o possível efeito em plantas sob condições de estresse hídrico;

#### 4. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi estruturada em três etapas, sendo uma em campo e duas na casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Maracanaú.

A primeira etapa foi realizada com *in loco* na Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, Ceará, Brasil. As coletas de macrófitas para o cálculo de biomassa e capacidade de produção orgânica foram efetuadas em junho de 2022. Foi estipulado um número de 10 (dez) pontos de coleta das macrófitas. Para quantificar em larga escala a capacidade de produção orgânica que lagoa possui, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, as quais foram processadas no software livre QGIS.

Os experimentos com cultivo de plantas de girassol referentes as etapas 2 e 3 foram realizados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Maracanaú, na casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal. As sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar BRS 323 utilizadas nos experimentos foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Escritório – Londrina, Paraná.

Na segunda etapa, analisou-se a viabilidade da utilização do Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas (ROMM) e das espécies *Pistia stratiotes* e *Neptunia oleracea* Lour, tendo em vista, que na literatura, para essas duas, não foram encontrados estudos de sua utilização como substrato no cultivo de girassol. Foram avaliados nas plantas: percentual de germinação; variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule); teores relativos de clorofila; e as produções de matérias secas da raiz, parte aérea, razão parte aérea/raiz e total.

Para a terceira etapa, utilizou-se o composto de ROMM e a espécie *Neptunia oleracea* Lour, como substrato no cultivo de girassol sob condições de déficit hídrico, avaliando nas plantas as variáveis de crescimento: altura (AP), diâmetro (DC), número de folhas (NF), teores relativos de clorofila (TRC), produção de massa fresca e o índice de tolerância à seca.

As três etapas resultaram na elaboração de três artigos científicos conseguintes, sendo eles:

1. **“Uso do sensoriamento remoto na avaliação da capacidade de produção de biomassa em macrófitas presentes na Lagoa da Precabura – Ce”** – Submetido à revista Delos e está em processo de avaliação.
2. **“Potencial uso de macrófitas oriundas da Lagoa da Precabura, Fortaleza, Ceará na adubação de plantas de girassol (*Helianthus annuus*)”** - Publicado na Revista *Observatorio de La Economía Latinoamericana*.
3. **“Crescimento de girassol sob déficit hídrico suplementadas com macrófitas retiradas da Lagoa da Precabura – Ce”**. - Submetido à Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA e está em processo de avaliação.

Os artigos mencionados anteriormente estão integralmente incorporados nesta dissertação, seguindo a sequência temporal e experimental. As minuciosas descrições de cada experimento estão devidamente apresentadas nas seções de "Material e Métodos" de seus respectivos artigos, aos quais foram divididos em capítulos.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S.R.L.; MAHLER, C.F. **Fitorremediação: uso de plantas para melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo – Oficina de Textos, 2017.

ARAÚJO, E. D. D., MELO, A. S. D., ROCHA, M., SOCORRO, D., CARNEIRO, R. F., ROCHA, M. D. M. Germination and initial growth of cowpea cultivars under osmotic stress and salicylic acid. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 80-89, 2018.

BARBOSA, R. M.; DE BRITO, P. O. B.; DA SILVA COSTA, F. R.; FILHO, R. A. P.; JÚNIOR, F. H. N. & GONDIM, F. A. Plant Growth, Antioxidative Enzymes and Lipid Peroxidation in Sunflower Seedlings Supplemented with *Eichhornia crassipes* Organic Fertilizer Under Drought Stress Conditions. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, 2019.

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.

BRASIL. Portaria SPA/MAPA Nº 130, de 09 de maio de 2022. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático –ZARC para a cultura do girassol no estado de Mato Grosso do Sul, ano-safra 2022/2023. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, publicada no D.O.U em 11 de maio de 2022, seção 1 Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/mato-grosso-do-sul/word/PORTN130GIRASSOLMS.ret.pdf>> Acesso em: 08 fev. 2024.

BRITO, M. E.; SOARES, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, E. C.; SÁ, F. V.; SILVA, L. A. Emergence and morphophysiology of Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 1, p. 0801, 2018.

CARVALHO, T. M.; CARVALHO, C. M. Sistemas de informações geográficas aplicadas à descrição de habitats. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, vol. 34, n. 1, p. 79-90, 2012.

COSTA, A. S. V.; PEREIRA, C. A. F. Análise técnico-social da produção de biodiesel no Brasil e no desenvolvimento agrícola do norte de Minas Gerais. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v.10, p.789-809, 2020.

DEMARCHI, L. O.; LOPES, A.; FERREIRA, A. B.; PIEDADE, M. T. F. Ecologia e guia de identificação: Macrófitas aquáticas no lago Amazônico. **Editora: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, v. 1, n. 1, p. 17 - 21, 2018.

DUFFY, J. E.; BENEDETTI-CECCHI, L.; TRINANES, J.; MULLER-KARGER, F. E.; AMBO-RAPPE, R.; BOSTRÖM, C. & YAAKUB, S. M. Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 317, 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Girassol**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

FREITAS, C. A. S.; DA SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; DE ANDRADE, R. R., & MOTA, F. S. Análise energética do girassol irrigado com esgoto doméstico tratado para produção de biodiesel. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 62-72, 2013.

GALO, M. D. L. B. T.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; SANTOS, S. C. A. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.20, p. 7 – 20, 2002.

GARCIA, R. A. **Biocombustível na aviação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, 2022.

GOMES, A. M. S. **Determinação da capacidade de adsorção de Cu, Mn e V em biomassa seca de macrófitas**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-27122019-132214/en.php>>. Acesso em: 10 set. 2023.

GONÇALVES, C.G.; **Modificações morfológicas, fisiológicas e seletividade da soja a diferentes herbicidas em resposta ao estresse hídrico**. Tese de doutorado; UNESP, 2017.

HOWELL T. A.; EVETT S. R.; TOLK J. A.; COPELAND K. S.; MAREK T. H. Evapotranspiration, water productivity and crop coefficients for irrigated sunflower in the U.S. Southern High Plains. **Agric. Water Manag.** v.162, p.33-46, 2015.

KINNAL, N., SUJAYKUMAR, G.; D'COSTA, S. W, & GIRISHKUMAR, G. S. Investigation on diesel engine performance using residual chicken fat biodiesel. In: **InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. p. 012012, 2018.

LIMA, B. A. DE A.; LIBÓRIO, M. P. & HADAD, R. M. Análise espaço temporal do crescimento de macrófitas através de sensoriamento remoto. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 45, n. 1, p. 45-57, 2019.

LUSTRI, E. A., DA SILVA, B. T., PERUCHI, D. R. E., MOURA, I. A., & FLUMINHAN, A. Avaliação do desempenho agrônômico de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) no cultivo em safrinha na região Oeste Paulista. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, 2017.

MATOS, A. T.; MATOS M. P. Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos. **Editores UFV**, Universidade Federal de Viçosa, MG, v. 1, ed.1, p. 292 – 349, 2017.

MARINHO, V. H. P. **Avaliação da utilização das biomassas de mamona, soja, dendê, girassol e babaçu para a produção de biodiesel**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2022.

NAGENDRA, H.; LUCAS, R.; HONRADO, J. P.; JONGMAN, R.H.; TARANTINO, C.; ADAMO, M.; MAIROTA, P. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. **Ecological Indicators**, v. 33, p. 45-59, 2013.

NIU, X., SONG, L., XIAO, Y., & GE, W. Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 2580, 2017.

PIEIDADE, M. T. F.; LOPES, A.; DEMARCHI, L.O.; JUNK, W.; WITTMANN, F.; SCHONGART, J.; CRUZ, J. Guia de campo de macrófitas aquáticas da várzea amazônica. **Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, n.1, v. 1, p. 196 – 227, 2018.

POMPÊO, M. **Aquatic macrophyte diversity of the Pantanal wetland and upper basin**. São Paulo; Instituto de Biociências da USP, 2017.

POVEDA, J. O uso de macrófitas de água doce como recurso na agricultura sustentável. **Revista Produção Mais Limpa**, v. 369, p. 133247, 2022.

RAMOS, L. P. RAMOS, L. P., KOTHE, V., CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F., MUNIZ-WYPYCH, A. S., NAKAGAKI, S., KRIEGER, N., ... & CORDEIRO, C. S Biodiesel: matérias-primas, tecnologias de produção e propriedades licenciadas. **Rev. Virtual Quim**, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.

REZANIA, S., DIN, M. F. M., TAIB, S. M., DAHALAN, F. A., SONGIP, A. R., SINGH, L., & KAMYAB, H. The efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system. **International journal of phytoremediation**, v. 18, n. 7, p. 679-685, 2016.

SHAHID, E. M.; JAMAL, Y. Performance evaluation of a diesel engine using biodiesel. **Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences**. v. 9, p. 68-75, 2016.

SHELL, G. S. G.; LANG, A. R. G. Movements of sunflower leaves over a 24-h period. **Agricultural Meteorology**, v. 16, n. 2, p. 161-170, 1976.

SILLANPÄÄ, M.; NCIBI, C. A sustainable Bioeconomy: The green industrial revolution. 1.ed. Gewerbestrasse: **Springer Nature**, 2017.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P.F.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. M. Remote sensing of aquatic vegetation: theory and applications. **Environmental Monitoring and Assessment**, Orono, v. 140, p. 131–145, 2008.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P. F.; MELACK, J. M. Spatial and temporal variability of macrophyte cover and productivity in the eastern Amazon floodplain: A remote sensing approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 9, p. 1998-2010, 2010.

SOUZA, J DE N., BRITO, P. O. B., FERREIRA, G. S. DE., COSTA, F. R. S, DE.; MATIAS, L. Q., GONDIM, F. A. **Resíduo orgânico de macrófitas como fonte de nutrientes no crescimento inicial de plantas de girassol**. I Simpósio Latino-Americano de Salinidade, 2019.

SOUZA, R. M.; NOBRE R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N.S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuárias e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**. v. 23, p. 125-133, 2010.

UFSCAR. **O que são Macrófitas aquáticas**. Disponível em: <[http://www.ufscar.br/~probio/info\\_macrof.html](http://www.ufscar.br/~probio/info_macrof.html)>. Acesso em: 08 jan. 2024.

VAN ZYL, JAKOB J .; ZEBKER, HOWARD A .; ELACHI, CHARLES. Imaging radar polarization signatures: Theory and observation. **Radio Science**, v. 22, n. 04, p. 529-543,1987.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; DE PEREIRA, H. D. S.; ANDREAZZA, R.; & GOMES, M. C. Variabilidade na composição química de vermicompostos comerciais. **Revista Verde**, Cataguases, n.13, v.4, p. 557-562, 2018.

WU, H., ZHANG, J., NGO, H. H., GUO, W., HU, Z., LIANG, S., ... & LIU, H. A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: design and operation. **Bioresource technology**, v. 175, p. 594-601, 2015.

ZHANG, S.; FOERSTER, S.; MEDEIROS, P.; DE ARAÚJO, J. C. & WASKE, B. Effective water surface mapping in macrophyte-covered reservoirs in NE Brazil based on TerraSAR-X time series. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 69, p. 41-55, 2018.

.

## CAPÍTULO 1

(Submetido à Revista Delos)

### **USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM MACRÓFITAS PRESENTES NA LAGOA DA PRECABURA - CE**

*Use of remote sensing in the assessment of the biomass production capacity in macrophytes in Precabura Lake - Ce*

#### **RESUMO:**

O presente trabalho objetivou utilizar ferramentas de sensoriamento remoto para estimar a área ocupada por macrófitas aquáticas na Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio – Ce e avaliar a capacidade de biomassa para produção do Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas (ROMM), com base na metodologia de coleta e identificação das espécies encontradas, junto ao herbário da Universidade Federal do Ceará - UFC. O estudo foi realizado para o ano de 2022 por meio do uso de imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS C1 Level-1, com aplicação de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e classificação supervisionada. As imagens e os mapas foram processados através do software livre QGIS 3.28. As análises mostraram que a Lagoa da Precabura apresentou uma área ocupada por macrófitas de aproximadamente 146.996,00 m<sup>2</sup>, o que representa em relação a área de estudo (3.664.442,00 m<sup>2</sup>) aproximadamente 4,0%. Conforme metodologia aplicada, foi possível determinar que a área de estudo tem uma capacidade de produção de biomassa de aproximadamente de 4.409,00 kg de Nitrogênio em ROMM. Dessa forma, tendo grande potencial para diversas aplicações, como o seu uso na suplementação da produção agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrogênio; georreferenciamento; NDVI.

#### **ABSTRACT:**

*The currently work aimed to use remote sensing tools to estimate the area occupied by aquatic macrophytes in Precabura Lake, located between the municipalities of Fortaleza and Eusébio – CE and evaluate the biomass capacity to produce a Mixed Organic Macrophyte Waste (ROMM), based on the collection and identification methodology of the species found, in the herbarium of the Federal University of Ceará - UFC. The study was conducted for the year 2022 using images from the Landsat 8 satellite, OLI/TIRS C1 Level-1 sensor, with the application of NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and supervised classification. The images and maps were processed using the free software QGIS 3.28. The analyzes showed that the Precabura Lagoon had an area occupied by macrophytes of approximately 146.996,00 m<sup>2</sup>, which represents approximately 4.0% in relation to the study area (3,664,442.00 m<sup>2</sup>). According to the methodology applied, it was possible to determine that the study area has a biomass production capacity of approximately 4.409,00 kg of Nitrogen in ROMM. Thus, it has enormous potential for various applications, such as its use in supplementing agricultural production.*

**KEYWORDS:** Nitrogen; georeferencing; NDVI.

## INTRODUÇÃO

Através do Decreto n.º 34.939 de 5 de setembro de 2022, foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa da Precabura, situada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, no estado do Ceará, contando com uma área de 628,98 hectares e perímetro de 32,15 quilômetros. Na área de inundação da lagoa, onde o solo é mais fértil devido à deposição de matéria orgânica do corpo hídrico, encontram-se árvores de alto porte e ainda uma flora colonizadora oriunda das vegetações adjacentes (Lima, 2010; Moro, 2015). Segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Ceará – SEMA (2022), se fez necessário a determinação de manejo adequado dos recursos naturais da lagoa com a finalidade de conservar e garantir uma dinâmica ambiental com a diminuição dos impactos negativos oriundos da interferência de fatores antrópicos.

Segundo Pinheiro *et al.* (2017), o processo de urbanização da lagoa tem alterado o ciclo normal de funcionamento do ecossistema, provocando o aumento do lançamento de lixo e esgoto, a compactação do solo e a impermeabilização de suas margens, com a construção e duplicação de avenidas. Além disso, a pesquisa de Silva (2019), revelou que às mudanças percebidas entre os anos de 2015 e 2019 pelos moradores do entorno da Lagoa da Precabura, foram do aumento da poluição, diminuição no número de animais e o aumento de macrófitas aquáticas, que segundo as entrevistas, dificultam além do acesso ao corpo hídrico, também a pesca.

Diante do exposto, é importante destacar que as macrófitas aquáticas são de grande importância no contexto do habitat aquático, onde fornecem abastecimento alimentar, liberam grandes quantidades de oxigênio na atmosfera e ainda, possuem um efetivo acúmulo de metais pesados, e nutrientes como o nitrogênio (N) e o fósforo (P) presentes na água (HAROON, 2020; JANSSEN *et al.*, 2021). Todavia, devido ao seu crescimento excessivo e às rápidas taxas de colonização, as macrófitas podem estabelecer populações abundantes que afetam negativamente a dinâmica das comunidades aquáticas e ameaçam a biodiversidade nativa através de vários impactos físicos, químicos e biológicos (COUGHLAN *et al.*, 2018).

Segundo Lesiv *et al.* (2020), as macrófitas podem ser utilizadas de três formas para avaliar os fatores ambientais e o impacto ambiental, nomeadamente, como: indicadores, monitores e sistemas de teste, dessa forma, sendo de grande importância estudar essa dinâmica e seus efeitos. Luo *et al.* (2015), fazem uma ressalva que, em grandes reservatórios, o monitoramento de macrófitas aquáticas, abordando a dinâmica



de distribuição e as tipologias, é uma operação morosa e onerosa se realizada a partir de métodos convencionais de pesquisa, como levantamentos manuais. Dessa forma, destaca-se o sensoriamento remoto, que permite o diagnóstico da composição de espécies vegetais, profundidades máximas de colonização, biomassa, altura das plantas e ainda o crescimento desordenado de macrófitas (VILLA *et al.*, 2017; ESPEL, 2020).

De modo geral, o monitoramento por meio do sensoriamento remoto em locais de difícil acesso, como em planícies de inundações, se torna uma ferramenta muito importante para os estudos e acompanhamentos do crescimento das comunidades de macrófitas aquáticas (SILVA *et al.* 2011). Segundo Sakuno e Kunii (2013), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) é bastante utilizado em estudos na área de sensoriamento remoto. Este índice assume uma faixa de valores que varia entre -1 e 1, onde, geralmente, o valor 0 (zero) indica a linha do solo e os valores superiores a 0 indicam a presença de vegetação, quando negativo, este índice indica superfícies com ausência de vegetação, como água, gelo, neve ou nuvens (SAHEBJALAL & DASHTEKIAN, 2013). O NDVI ou, até mesmo, apenas a utilização da banda do infravermelho próximo, é suficiente para diferenciar água de vegetação (LUO *et al.*, 2015).

Diante do cenário, o presente estudo tem como objetivo utilizar o sensoriamento remoto para a identificação das áreas com elevada presença de macrófitas na Lagoa da Precabura, e estimar a quantidade de biomassa que poderia ser aproveitada para a produção orgânica de um substrato agrícola denominado Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas (ROMM) com base no nitrogênio (N) quantificado, como uma solução ambientalmente alternativa para a retirada desse material do corpo hídrico em estudo e seu possível uso na agricultura.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido na Lagoa da Precabura, conhecida como o maior corpo hídrico situado na zona costeira da Região Metropolitana de Fortaleza, que se situa entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, no estado do Ceará, tendo seu espelho d'água na ordem de 3.600.000 m<sup>2</sup> (NETA, 2012; PINHEIRO *et al.*, 2017). A coleta de macrófitas para o cálculo de biomassa e capacidade de produção orgânica foi efetuada em junho de 2022. Foi estipulado um número de 10 (dez) pontos de coleta, conforme identificados na Tabela 01.

**Tabela 1:** Representação dos pontos de coletas na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio - Ce. Sistema de coordenadas na projeção Universal Transverse Mercator (UTM) com fuso 24 Sul (24S).

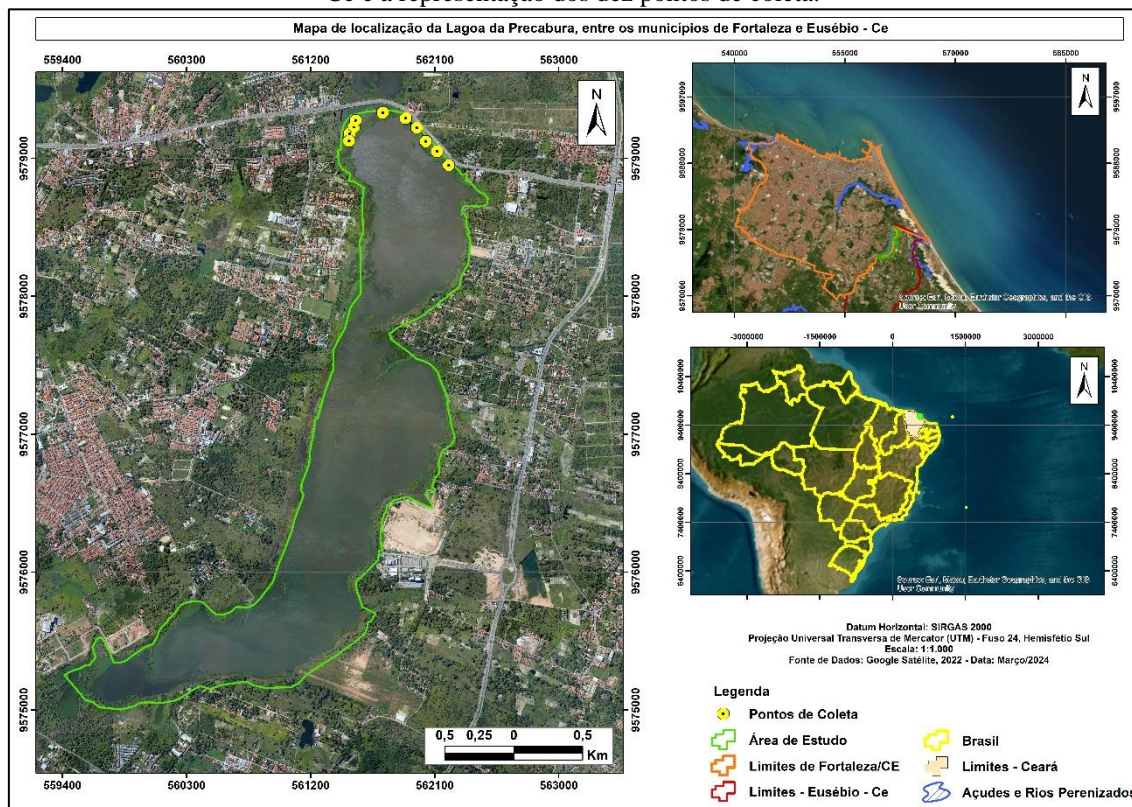
Ponto	Município	Coordenada E	Coordenada S
1	Fortaleza	561473,05	9579299,18
2	Fortaleza	561459,58	9579259,34
3	Fortaleza	561491,10	9579322,68
4	Fortaleza	561973,37	9579235,07
5	Eusébio	561897,83	9579297,46
6	Eusébio	561881,25	9579323,76
7	Eusébio	562063,90	9579102,14
8	Eusébio	562130,76	9578977,44
9	Eusébio	562235,03	9578915,92
10	Eusébio	561496,52	9579352,71

**Fonte:** Autores (2024).

O critério de escolha levou em consideração que a maioria das espécies de macrófitas são comumente encontradas em águas com pouca turbulência, além disso, buscou-se acessos pelas áreas públicas, assim, foram coletados dez pontos em todo contorno da CE-010 que margeia a área de estudo (Figura 01).

Os limites da lagoa foram obtidos através de uma adaptação da poligonal da Área de Proteção Ambiental – APA disponibilizada pela Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente do município de Fortaleza – Ce (SEUMA), onde foram utilizadas em alguns trechos a delimitação manual, de modo a reduzir a probabilidade de identificação de áreas com mata ciliar, vegetação elevada e áreas de solo exposto, conforme preconiza (WILCOX & BATEMAN, 2018).

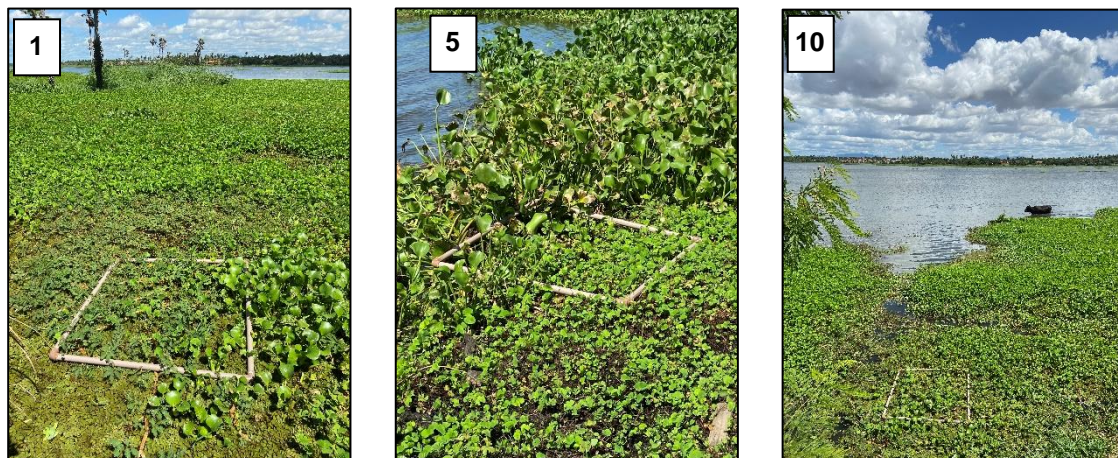
**Figura 1:** Mapa de Localização da área de estudo definida na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio – Ce e a representação dos dez pontos de coleta.



Fonte: Autores, 2024.

As amostras de macrófitas foram estimadas através de uma adaptação a metodologia de Da Silva *et al.* (2021), que consiste em lançar, de forma aleatória no corpo hídrico um quadrado com 1,00 metro quadrado de área em estrutura de canos de PVC, sobre um estande homogêneo de plantas e recolher, com o auxílio de ferramenta de corte, todas as plantas encontradas em seu interior, tanto a parte emersa quanto a submersa, além disso, não foi feita distinção entre os vários estádios fenológicos das plantas (Figura 2). Após essa etapa, foi retirado o excesso de líquido com uma peneira de ferro, e o material foi armazenado em sacos plásticos com volume de 200 litros para posterior identificação, pesagem e secagem.

**Figura 2:** Amostras de macrófitas coletadas, respectivamente nos pontos: 01, 05 e 10 na Lagoa da Precabura, entre os municípios de Fortaleza e Eusebio - Ce em junho de 2022.



Fonte: Autores, 2022.

As amostras de macrófitas foram pesadas de modo a identificar a Massa Fresca Total – MFtotal, após essa etapa, uma amostra de cada espécie encontrada foi enviada em forma de exsicatas para o Herbário da Universidade Federal do Ceará – UFC a fim de obter uma melhor identificação das espécies. O material foi disposto para secar a sol pleno por cerca de 20 dias e após encaminhado ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do IFCE *Campus* Maracanaú para finalização do processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, por 24 horas.

Após seco, o material foi pesado a fim de quantificar a Massa Seca Total – MStotal e triturado por meio de um triturador mecânico com a finalidade de se obter um particulado mais homogêneo, o qual foi misturado na proporção de 25g de cada espécie para um recipiente de 100g para criação do composto denominado Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas (ROMM), o qual foi encaminhado para análises físico-químicas no Laboratório de Solos/Água da Universidade Federal do Ceará – UFC. A determinação da concentração de Nitrogênio total (N) nos bioinsumos seguiu a metodologia de Malavolta (1997).

A título de capacidade de produção orgânica, foi escolhido o nitrogênio (N) como base de cálculo, conforme aborda Esteves (2011), em que dentre os nutrientes minerais, o N tem participação fundamental para o metabolismo dos ecossistemas aquáticos e, quando escasso no ambiente, pode limitar a produção primária.

Para quantificar em larga escala a capacidade de produção orgânica em macrófitas que a Lagoa da Precabura possui, foram utilizadas imagens da plataforma do USGS (*United States Geological Survey*) disponíveis no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>, para o dia 22/06/2022. É importante destacar, que esse

procedimento permite uma boa estimativa de cobertura por macrófitas na data da imagem, todavia, a ocorrência dessas plantas apresenta uma dinâmica temporal. Dessa forma, corroborando mais uma vez, como uma vantagem o uso do sensoriamento remoto, onde é possível fazer o monitoramento dessas áreas, e de forma constante a baixo custo, bastando para isso, reproduzir o mesmo procedimento para várias datas e amostras.

As imagens utilizadas são do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS C1 Level-2, as quais foram processadas no software livre QGIS versão 3.28. Foi aplicado como requisito a ausência ou pouca cobertura de nuvens (presença de até 10%). As imagens escolhidas foram as mais próximas das datas de campanhas realizadas em junho de 2022.

A metodologia empregada nessa etapa, foi uma adaptação de Minhoni, *et al.* (2017), na qual, teve a seguinte sequência: seleção de imagens, correção atmosférica, reprojeção, definição de limites, diagnóstico do cenário, recorte de área, NDVI, classificação supervisionada, quantificação da área ocupada por macrófitas na lagoa, cálculo da capacidade de produção orgânica, com base no nitrogênio (N), e por fim, produção de mapas e gráficos.

Uma das formas para realizar as análises da vegetação com o uso do sensoriamento remoto é através de índices, onde, um dos mais utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), cujo cálculo é baseado na razão normalizada entre as bandas vermelha e infravermelha variando entre -1 e 1 (XUE & SU, 2017). Segundo Tucker (1979) calcula-se com a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{(\rho(NIR) - (\rho(Red)))}{(\rho(NIR) + (\rho(Red)))}$$

Onde:

$\rho(Red)$  = fator de refletância bidirecional na banda do vermelho;

$\rho(NIR)$  = fator de refletância bidirecional na banda do infravermelho próximo.

As interpretações dos valores adotados para a classificação do NDVI tomaram como base a identificação das classes de água, nuvens, solo exposto/macrófitas em senescência e macrófitas flutuantes, conforme observado nas pesquisas De Oliveira Lima *et al.* (2019), usando o sensor Landsat 8, e Abreu Lima (2019), usando o sensor Sentinel 2. Para a presente pesquisa, foi utilizada a ordenação em intervalos, onde, seguiu-se os valores da água =  $NDVI < 0,1$ ; nuvens =  $NDVI < 0,2$ ; solo exposto =  $0,20 < NDVI < 0,40$  e macrófitas flutuantes =  $0,40 < NDVI < 0,80$ .

Após realizada a aplicação do modelo NDVI, no software QGIS, as imagens foram reclassificadas empregando intervalos de valores apresentados, através da

ferramenta *reclass*, possibilitando, na sequência, a obtenção da área de cada classe calculada, para posterior definição da área ocupada por macrófitas e da capacidade de produção de biomassa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises do material coletado da Lagoa da Precabura, quatro espécies foram identificadas utilizando a plataforma de tombo *Species Link*, conforme figura 3, sendo as espécies e seus respectivos números do herbário: *Salvinia auriculata* (62236), *Pistia stratiotes* (49794), *Neptunia oleracea* Lour (38200) e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (49095).

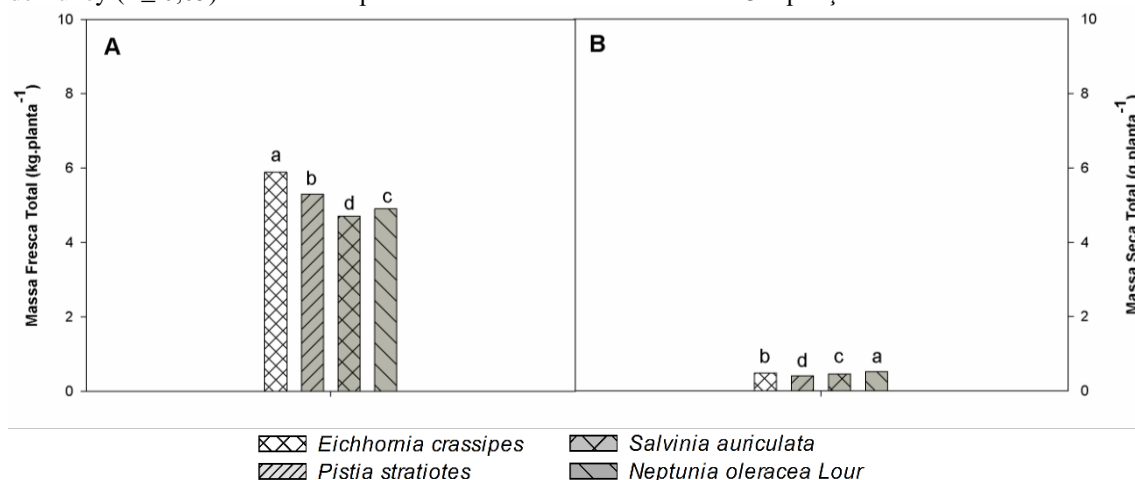
**Figura 3:** Imagens com tombo da plataforma *Species Link*, representando as macrófitas coletadas na Lagoa da Precabura - Ce, sendo da esquerda para direita: *Eichhornia crassipes*, *Neptunia oleracea* Lour, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*.



**Fonte:** Adaptação das imagens retiradas da plataforma *Species Link*, 2022.

Após a secagem completa do material, foi feita a pesagem em balança analítica (modelo Marte – BL3200H), e os resultados das médias de três amostras foram comparados, assim, foi possível observar o comportamento da relação entre as massas fresca e seca das macrófitas, onde, as espécies que obtiveram as maiores reduções foram a *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*, havendo uma redução em relação a massa fresca de aproximadamente 92%. Comportamento semelhante foi observado as demais espécies, sendo as reduções de 90% para a *Salvinia auriculata* e 89% para *Neptunia oleracea*, conforme observado na figura 4.

**Figura 4:** Massa Fresca Total (MF<sub>total</sub>) e Massa Seca Total (MS<sub>total</sub>) de diferentes espécies de macrófitas. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As barras representam os valores das médias de 3 repetições.



Fonte: Autores, 2024.

Após as análises do material, foi possível determinar uma série de macro e microelementos presentes no composto ROMM, representados na tabela 2.

**Tabela 2:** Análise química da matéria do Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM, retirado da Lagoa da Precabura - Ce.

g/kg							dS/ m		mg/kg			
N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	pH	CE	Fe	Cu	Zn	Mn
64,75	2,48	5,69	26,7	32,6	8,20	5,74	6,73	9,51	7.132,9	12,6	50,1	1.143,2

Fonte: Laboratório de Solos/Água da Universidade Federal do Ceará – UFC

Mediante os resultados encontrados após as análises, foi possível observar que havia a quantidade de 0,064 kg de nitrogênio (N) / kg de ROMM. Para realizar o cálculo da massa seca total (MS<sub>total</sub>) de ROMM, foi utilizada a média das amostras retiradas de forma aleatória da Lagoa da Precabura, através dos quadrados de 1,00 m<sup>2</sup> de área por todos os dez pontos de coleta. Após os cálculos, foi obtida a média de 0,046 kg de ROMM/m<sup>2</sup>. Dessa forma, foi utilizado a seguinte fórmula para cálculo da quantidade de nitrogênio em ROMM em cada metro quadrado coletado.

$$BN/m^2 = MN \times MS.ROMM$$

Onde:

**BN/m<sup>2</sup>:** Biomassa de nitrogênio em ROMM por metro quadrado da superfície do estande (kg.N/m<sup>2</sup>);

**MN:** massa de nitrogênio por quilo analisado (kg.N/kg);

**MS.ROMM:** massa seca de ROMM em cada metro quadrado coletado (kg.ROMM/m<sup>2</sup>).

Tomando como base a fórmula, foi calculado que havia aproximadamente 0,030 quilos de nitrogênio em ROMM por metro quadrado ( $\text{kg.N/m}^2$ ). Aliado a esse valor, deu-se início ao cálculo da capacidade de produção orgânica em ROMM que a Lagoa da Precabura possui, levando em consideração as áreas superpovoadas por macrófitas em metros quadrados ocupados na área de estudo.

As imagens do Satélite Landsat 8 da Lagoa da Precabura foram processadas, de modo a obter as áreas com maior densidade de macrófitas, sejam elas flutuantes ou em senescência (Figura 5). Após delimitação das áreas em quatro faixas espectrais, a distinção entre vegetação e água (cor azul) ficou evidente, tendo em vista, que para as regiões com maior presença de macrófitas, encontrou-se uma assinatura espectral típica de vegetação (cor verde), ou seja, absorvendo a radiação eletromagnética no espectro do visível e um ápice de reflectância no espectro do infravermelho próximo. Enquanto nas regiões onde não foram detectadas a presença de macrófitas, a assinatura espectral foi típica de corpos hídricos, nuvens e/ou áreas secas, onde ocorre um comportamento de absorção da radiação eletromagnética em todos os comprimentos de onda. Tais resultados corroboram com os encontrados por Feitosa (2022), De Oliveira Lima *et al.*(2019), e Abreu Lima (2019), que aplicaram o sensoriamento remoto no monitoramento de macrófitas em diferentes reservatórios de água.

Após quantificar e somar as áreas dos polígonos identificados como vegetação de macrófitas aquáticas, foi possível observar que a área de estudo delimitada na Lagoa da Precabura, possui uma área total ocupada de aproximadamente  $146.996,00 \text{ m}^2$ , o que representa em relação a área de estudo ( $3.664.442,00 \text{ m}^2$ ) aproximadamente 4,0% (Tabela 3). Destaca-se, que houve um maior acúmulo de macrófitas nos locais onde as coletas foram realizadas, o que corrobora com os dados para o cálculo de biomassa.

É importante ressaltar, que na literatura, outros estudos conseguiram usar o sensoriamento a achar proporções entre ocupação de macrófitas e a área de corpos hídricos, como os obtidos por Lima *et al.* (2018), onde realizaram uma análise espaço-temporal do crescimento de macrófitas no Rio Paraíba do Sul e identificaram uma ocupação em 2014 de 39,44% da área do rio; Villa *et al.* (2017), também observaram uma ocupação semelhante de macrófitas nos lagos Hídvégi, na Hungria, e nos sistemas de lagos de Mântua, na Itália.



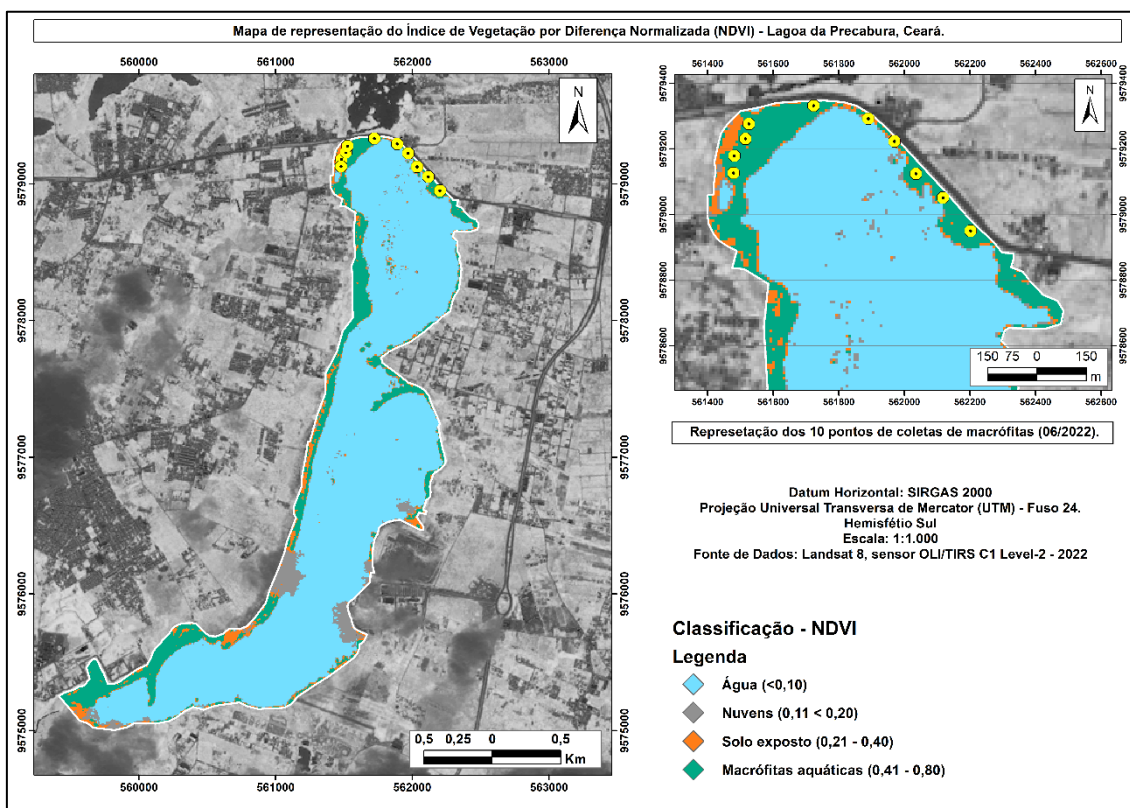
**Tabela 3:** Resumo dos cálculos da relação de quilos de nitrogênio (N) em biomassa do Resíduos Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM por metro quadrado de área comparado a área de estudo, para o mês de junho de 2022.

Área de estudo (m <sup>2</sup> )	Área ocupada por macrófitas (m <sup>2</sup> )	Biomassa em kg.N.ROMM/m <sup>2</sup>	Capacidade de produção de biomassa em kg.N.ROMM
3.664.442,00	146.996,00	0,030	4.409,00

Fonte: Autores, 2024.

Partindo do valor de 0,030 kg.N.ROMM /m<sup>2</sup>, e com os dados da área ocupada pelas macrófitas aquáticas (146.996,00 m<sup>2</sup>), foi possível determinar que a área de estudo tem uma capacidade de produção de biomassa de aproximadamente 4.409,00 kg.N.ROMM. É importante destacar, que essa quantidade é referente ao mês de junho de 2022, conforme imagem de satélite utilizada, além disso, mais trabalhos precisam ser desenvolvidos para realizar um comparativo ano a ano do crescimento ou decaimento das macrófitas na Lagoa da Precabura, a fim de entender melhor essa dinâmica.

**Figura 5:** Representação NDVI na área de estudo da Lagoa da Precabura, seguindo a classificação seguiu-se os valores da água = NDVI<0,10; nuvens = NDVI<0,20; solo exposto = 0,20<NDVI<0,40; macrófitas aquáticas = 0,40<NDVI<0,80.



Fonte: Autores, 2024.

## CONCLUSÕES

De modo geral, nas condições experimentais empregadas, observou-se que a Lagoa da Precabura no mês junho de 2022 apresentou produção de biomassa por metro quadrado de área de 0,030 kg.N.ROMM/m<sup>2</sup>, o que representa um total de 4.409,00 kg de Nitrogênio em ROMM quando comparado a área de estudo, o que seria uma alternativa para retirada desse material e uma finalidade ambientalmente adequada.

Os resultados obtidos com a utilização do sensoriamento remoto aliado aos softwares de geoprocessamento de dados, podem ser uma ferramenta eficaz para a avaliação da capacidade de biomassa no que tange a quantificação da carga de nutrientes assimilados pelas macrófitas como o nitrogênio (N).

## REFERÊNCIAS

- ABREU LIMA, M. V. Estudo sobre a dinâmica de crescimento de macrófitas aquáticas na PCH Santa Rosa II. Universidade Federal de Santa Catarina. TCC. 2019. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202777/TCC\\_VF\\_%20Maria%20Vitart%20de%20Abreu%20Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202777/TCC_VF_%20Maria%20Vitart%20de%20Abreu%20Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 08 jan. 2024.
- COUGHLAN N. E.; CUTHBERT R. N.; KELLY T. V.; JANSEN M. A. K. Parched plants: survival and viability of invasive aquatic macrophytes following exposure to various desiccation regimes. **Aquatic Botany**, v.150, p. 9–15, 2018.
- DE OLIVEIRA LIMA, F. J.; LOPES, F. B.; DE ANDRADE, E. M.; BARBOSA, C. C. F.; DOS SANTOS TEIXEIRA, A. Uso do sensoriamento remoto no monitoramento de plantas aquáticas. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 49-56, 2017.
- ESPEL, D.; COURTY, S.; AUDA, Y.; SHEEREN, D.; ELGER, A. Submerged macrophyte assessment in rivers: An automatic mapping method using Pléiades imagery. **Water Research**, v. 186, p. 116353, 2020.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia, 3ª edição, 2011.
- FARIAS, W. M.; DE ANDRADE, L. A.; DE ALBUQUERQUE, M.B.; DA CUNHA, J. R. Utilização de macrófitas aquáticas em substrato para a produção de mudas de moringa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 85, p. 25-30, 2016.
- FEITOSA, A. P. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas no reservatório de Santa Cruz–Apodi/RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 44-54, 2022.
- HAROON, A. M. Artigo de pesquisa Composição centesimal e total de ácidos graxos de algumas macrófitas aquáticas nas Rayahs do rio Nilo, Egito. **Pacote. J. Biol. Ciência**, v. 23, p. 295-305, 2020.
- JANSSEN, A. B.; HILT, S.; KOSTEN, S.; DE KLEIN, J. J.; PAERL, H. W.; VAN DE WAAL, D. B. Shifting states, shifting services: Linking regime shifts to changes in ecosystem services of shallow lakes. **Freshwater Biology**, v. 66, n. 1, p. 1-12, 2021.
- LESIV, M. S.; POLISHCHUK, A. I.; ANTONYAK, H. L. Macrófitas aquáticas: características e funções ecológicas. **Studia Biologica**, v. 2, pág. 79-94, 2020.
- LIMA, B. A. A.; LIBÓRIO, M. P.; HADAD, R. M. Análise Espaço-Temporal do crescimento de macrófitas e sua aplicação no monitoramento da qualidade da água. **Revista Ra'eGa**, v. 45, n. 1, p. 45-57, 2018.
- LIMA, J. A. G. **Relação sociedade/natureza e degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Coaçu – Região Metropolitana de Fortaleza/CE: Subsídios ao Planejamento ambiental**. Dissertação de Mestrado em Geografia. UECE. 2010.
- LUO, J.; LI, X.; MA, R.; LI, F.; DUAN, H.; HU, W.; HUANG, W. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para monitorar mudanças sazonais e interanuais da vegetação aquática no Lago Taihu, China. **Indicadores Ecológicos**, v. 60, p. 503-513, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. D. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**, v. 2, p. 115-230, 1997.

- MINHONI, R. T. A.; PINHEIRO, M. P. M. A.; FILGUEIRAS, R.; ZIMBACK, C. R. L. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas aquáticas no reservatório de Barra Bonita, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 2, n. 22, p.330-342, abr. 2017.
- MORO, M. F.; MACÊDO, M. B.; MOURA-FE, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia** (Online), v. 66, p. 717-743, 2015.
- NETA, M. A. S. **Evolução geoambiental de lagoas litorâneas de fortaleza e contribuições à sustentabilidade ambiental**. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2012.
- PINHEIRO, S. T.; JÚNIOR.; A.F.L.; COSTA, M.C.L. Análise dos impactos ambientais da Lagoa da Precabura: uma proposta de manejo sustentável. **Revista Hipótese**, v. 3, n. 1, p. 205-226, 2017.
- QGIS 3.28. Geographic Information System Developers Manual. **QGIS Association. Electronic document**: [https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/developers\\_guide/index.html](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/developers_guide/index.html)
- SAHEBJALAL, E.; DASHTEKIAN, K. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 37, p. 4614-4622, 2013.
- SAKUNO, Y.; KUNII, H. Estimativa da área de crescimento de macrófitas aquáticas em expansão espontânea no Lago Shinji usando dados ASTER. **International Journal of Geosciences**, v. 4, n. 6, 2013.
- SILVA, M. C. D. **Serviços ecossistêmicos da Lagoa da Precabura (Estado do Ceará)**. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. Universidade Federal do Ceará – UFC, 2019.
- SILVA, P. S., FERREIRA, A. P., & LANDA, G. G. Influência da qualidade da água no crescimento de macrófitas aquáticas. **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 4, n. 1, 2021.
- SILVA, T. S. F.; COSTA, M.; MELACK, J.; NOVO, E. Influência de variações na intensidade do pulso de inundação sobre a cobertura e crescimento da vegetação herbácea aquática na Amazônia. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 1, p. 3205-3212, 2011.
- TUCKER, C. J. Red and Photographic Infrared linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 1, n. 8, p.127-150, 1979.
- VILLA, P.; PINARDI, M.; TÓTH, V.R.; HUNTER, P.D.; BOLPAGNI, R. Sensoriamento remoto de características morfológicas de macrófitas: implicações para o manejo de lagos rasos. **Revista de Limnologia**, v. 1, p. 109-126, 2017.
- XUE, J.; SU, B. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. **Journal of Sensors**. **Hindawi Limited**, 2017.
- WILCOX, D. A.; BATEMAN, J. A. Photointerpretation analysis of plant communities in Lake Ontario wetlands following 65 years of lake-level regulation. **Journal of Great Lakes Research**, v. 44, n. 6, p. 1306-1313, 2018.

## CAPÍTULO 2

(Artigo publicado na revista *Observatorio de La Economía Latinoamericana*)

DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-046>.

### POTENCIAL USO DE MACRÓFITAS ORIUNDAS DA LAGOA DA PRECABURA, FORTALEZA, CEARÁ NA ADUBAÇÃO DE PLANTAS DE GIRASSOL (*Helianthus annuus*)

*Potential use of macrophytes from Precabura lagoon, Fortaleza, Ceará in fertilizing  
sunflower plants (*Helianthus annuus*)*

#### RESUMO:

O presente estudo objetivou analisar a viabilidade do uso de macrófitas aquáticas coletadas na Lagoa da Precabura, no município de Fortaleza – Ce, no cultivo de plantas de *Helianthus annuus* L. (girassol), avaliando variáveis morfofisiológicas como: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, teores relativos de clorofila e produção de massa seca. A etapa de cultivo vegetal foi conduzida em casa de vegetação. Foram utilizados oito tratamentos, compostos por somente substrato areia (controle), uma concentração de fertilizante orgânico ideal (NPK e microelementos) a 80 kg de N.ha<sup>-1</sup>, duas concentrações equivalentes a 80 e 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> de três variações de macrófitas, divididas entre as espécies encontradas (*Pistia stratiotes*, *Neptunia oleracea* Lour e da mistura coletada em 1,00 m<sup>2</sup> de área, denominado Resíduo Orgânico Misto de Macrófita - ROMM). Aos 35 dias após a semeadura (DAS), observou-se nos tratamentos contendo a espécie de macrófita *Neptunia oleracea* um maior crescimento em relação aos demais tratamentos de macrófitas e controle, com destaque para o tratamento suplementado à 160 kg N.ha<sup>-1</sup> que demonstrou os resultados mais expressivos. Diante disso, embora o tratamento com fertilizante químico (NPK) tenha apresentado o melhor desempenho morfofisiológico entre os tratamentos avaliados, a utilização da macrófita *Neptunia oleracea* poderia substituir parcialmente a aplicação de fertilizantes nitrogenados, reduzindo os custos, bem como os impactos desses produtos químicos no meio ambiente.

**Palavras-chave:** adubação orgânica; macrófitas; girassol.

#### ABSTRACT:

The present study aimed to analyze the feasibility of using aquatic macrophytes collected in Lagoa da Precabura, in the municipality of Fortaleza – Ce, in the cultivation of *Helianthus annuus* L. (sunflower) plants, evaluating morphophysiological variables such as: plant height, stem diameter, number of leaves, relative chlorophyll content and dry mass production. The plant cultivation stage was carried out in a greenhouse. Eight treatments were used, consisting of only sand substrate (control), a concentration of ideal organic fertilizer (NPK and microelements) at 80 kg of N.ha<sup>-1</sup>, two concentrations equivalent to 80 and 160 kg of N.ha<sup>-1</sup> of three variations of macrophytes, divided between the species found (*Pistia stratiotes*, *Neptunia oleracea* Lour and the mixture collected in 1.00 m<sup>2</sup> of area, called Mixed Organic Macrophyte Residue - ROMM). At 35 days after sowing (DAS), treatments containing the macrophyte species *Neptunia oleracea* showed greater growth in relation to other macrophyte and control treatments, with emphasis on the treatment supplemented at 160 kg N.ha<sup>-1</sup> which demonstrated the most expressive results. Therefore, although treatment with chemical fertilizer (NPK) presented the best morphophysiological performance among the treatments evaluated, the use of the macrophyte *Neptunia oleracea* could partially replace the application of nitrogen fertilizers, reducing costs, as well as the impacts of these chemicals on the environment.

**KEYWORDS:** organic fertilizer; macrophytes; sunflower.

## INTRODUÇÃO

A agricultura convencional de alto rendimento concentra-se na utilização de produtos químicos agrícolas (fertilizantes e pesticidas), recursos hídricos e solo, de uma forma que muitas vezes se torna prejudicial ao meio ambiente (PLUMECOCQ *et al.*, 2018). A busca por alternativas a esses fertilizantes se dá tanto pelo alto custo e sua crescente demanda, como pela procura por produtos orgânicos, que vem aumentando e determinando mudanças nos sistemas de produção, pois exigem certificações, como as do tipo ouro que restringem o uso de fertilizantes químicos sintéticos e agrotóxicos (WILLER e LERNOUD, 2018).

Nesse contexto, uma dessas alternativas envolve o uso de novos fertilizantes de origem orgânica em substituição aos químicos, dentre eles, estão os diversos materiais com potencial para aproveitamento na agricultura, como fonte alternativa de nutrientes para as plantas, a exemplo, pode-se citar as macrófitas aquáticas (DUGDALE *et al.*, 2013; CALABI-FLOODY *et al.*, 2018).

As macrófitas aquáticas influenciam diretamente a dinâmica hidrológica do ecossistema aquático, podendo alterar ou reduzir a velocidade das correntes, tendo assim um efeito no fluxo da água; além disso, podem influenciar na dinâmica de sedimentação e aumentar a complexidade do habitat, servindo de refúgio, alimento e provendo área de reprodução para outros organismos (BORNETTE & PUIJALON, 2011; FERNANDES *et al.*, 2016).

É importante destacar, que devido ao seu crescimento excessivo e à rápida taxa de colonização, as macrófitas podem estabelecer populações abundantes que afetam negativamente a dinâmica das comunidades aquáticas e ameaçam a biodiversidade nativa através de vários impactos físicos, químicos e biológicos (COUGHLAN *et al.*, 2018). Tais problemas foram observados por Pinheiro *et al.* (2017), na Lagoa da Precabura, localizada no município de Fortaleza – CE, objeto deste estudo. Os autores destacam as problemáticas que a lagoa e os moradores do entorno têm observado com o processo de urbanização sem devido planejamento, como: assoreamento do corpo hídrico, baixa qualidade da água e presença elevada de macrófitas. Adicionalmente, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMA (2022), relatou que a lagoa vem sofrendo um acelerado processo de eutrofização devido à elevada carga de poluentes que vem recebendo.

Sobre a problemática apresentada, destaca-se que, a retirada do excesso das macrófitas, constitui uma alternativa sustentável, baseada em princípios ecológicos, uma vez que as macrófitas, juntamente com os microrganismos associados, podem ser utilizadas no tratamento do solo, água e ar (PALMA-SILVA *et al.*, 2012). Além disso, segundo Farias *et al.* (2016), as macrófitas apresentam grande capacidade de absorção e disponibilização de nutrientes, que por sua vez podem ser utilizados na composição de substratos para a produção de mudas. Isso configura-se uma possível solução para as problemáticas apontadas por Hernández *et al.* (2015), e Oliveira (2017), que ressaltaram os baixos teores de matéria orgânica em solos da região semiárida, além de serem em sua maioria pouco desenvolvidos e suscetíveis à erosão e estresse abióticos. Resultados positivos têm sido alcançados com o uso de macrófitas no cultivo de plantas, como no crescimento de girassol utilizando a espécie *Salvinia auriculata* (SOUSA *et al.*, 2021), na produção de mudas de moringa (FARIAS *et al.*, 2016), e no cultivo de milho com adubação de macrófitas após o processo de compostagem e vermicompostagem (AZEVEDO *et al.*, 2022).

Dentro do cenário de produção agrícola, há um destaque para o *Helianthus annuus* L. (girassol), planta oleaginosa considerada versátil, que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis e, apresenta ampla capacidade de aclimação, sendo cultivada em diferentes regiões do território nacional (SANTOS *et al.*, 2021). Ademais, a cultura tem despertado interesses devido à possibilidade de utilizar o seu óleo na fabricação de biocombustíveis, visto que, sua semente possui cerca de 45 a 65% de óleo em sua composição (GRUNVALD *et al.*, 2014; BRASIL, 2019).

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi investigar o potencial da aplicação de macrófitas aquáticas oriundas da Lagoa da Precabura como adubação alternativa no cultivo de plantas de girassol, a partir da avaliação de parâmetros morfofisiológicos como altura, diâmetro do caule, número de folhas, teores relativos de clorofila, e matérias secas da parte aérea, raiz, razão parte aérea/raiz e total.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *Campus* Maracanaú, Ceará, Brasil, entre os meses de novembro e dezembro de 2023.

Amostras de macrófitas foram retiradas da Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, Ceará, Brasil, contando com um espelho d'água na ordem de 3.600.000 m<sup>2</sup> e um clima quente e subúmido (PINHEIRO *et al.*, 2016). A metodologia para retirada dessas plantas foi adaptada de Silva *et al.* (2021), que consistiu em lançar, de forma aleatória no corpo hídrico um quadrado com 1,00 m<sup>2</sup> de área em estrutura de canos de PVC, sobre um estande homogêneo de plantas, sendo posteriormente recolhidas, com o auxílio de ferramenta de corte, todas as plantas encontradas em seu interior.

Dentre as plantas coletadas, quatro espécies foram identificadas adequadamente a partir de exsiccatas enviadas ao Herbário da Universidade Federal do Ceará – UFC, utilizando a plataforma de tombos *Species Link*, sendo as espécies e seus respectivos números do herbário: *Salvinia auriculata* (62236), *Pistia stratiotes* (49794), *Neptunia oleracea* Lour (38200) e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (49095).

O material foi disposto para secar a sol pleno por cerca de 20 dias, de forma separada por cada espécie, e um mix composto pelas quatro espécies, denominado de Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM, posteriormente, encaminhado ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do IFCE, *Campus* Maracanaú, para finalização do processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar à 60 °C, por 24 horas. Após seco, foram escolhidas as espécies de macrófitas para serem usadas, sendo o ROMM e de forma separada, a *Pistia stratiotes* e *Neptunia oleracea* Lour, tendo em vista, que na literatura, para estas duas, não foram encontrados estudos de sua utilização como substrato no cultivo de girassol. Ademais, os materiais foram pesados para determinação da massa seca, sendo em seguida, macerados em triturador mecânico e transferidos para peneira de aço inox, com granulometria de 1,5 µm, a fim de se obter um particulado mais homogêneo. Após esse procedimento, amostras dos materiais foram encaminhadas para análises físico-químicas no Laboratório de Solos/Água da Universidade Federal do Ceará (Tabela 1), sendo os teores de nitrogênio (N) empregados nos cálculos para cada tratamento utilizado.



**Tabela 4:** Análise físico-química das macrófitas utilizados na composição dos substratos para cultivo de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.).

AMOSTRA	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	pH	CE	Fe	Cu	Zn	Mn
ROMM	64,7	2,4	5,7	26,7	32,6	8,2	5,7	6,7	9,5	7.132,9	12,6	50,1	1.143
<i>Neptunia oleracea</i>	56,9	2,3	5,4	21,4	26,1	3,2	4,1	6,6	8,2	6.172,3	88,4	46,8	423,6
<i>Pistia stratiotes</i>	60,1	2,3	5,4	16,8	20,5	4,1	2,9	6,0	6,8	10.799	59,7	49,0	471,1

Fonte: Autores (2024).

Para avaliar o desempenho das plantas a diferentes condições de cultivo com macrófitas aquáticas, as sementes de girassol, cultivar (cv.) BRS 323, cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), foram semeadas em vasos plásticos de 5 litros, preenchidos com substrato areia de granulometria fina, conforme classificação da NBR 6502 (ABNT, 1995). Ao substrato foram acrescidos os seguintes tratamentos: 1) grupo controle (ausência de fertilizante); 2) NPK na formulação 10:10:10 (seguindo-se recomendação da cultura de 80kg de N.ha<sup>-1</sup>); 3 e 4) *Pistia stratiotes* a 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 160 kg de N.ha<sup>-1</sup>; 5 e 6) *Neptunia oleracea* a 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 7 e 8) ROMM a 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 160 kg de N.ha<sup>-1</sup>.

Para o experimento, foram semeadas cinco sementes por vaso, que foram irrigados diariamente, com uso de regador manual, a fim de manter a umidade do substrato equivalente a 70% da capacidade de campo, por um período de 35 dias. Aos 7 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, permanecendo duas plantas por vaso, e adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos e 6 repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

As avaliações de crescimento foram efetuadas a cada 7 dias. A altura da planta (AP) foi mensurada por meio de uma régua graduada desde o nível do solo até a gema apical, e o diâmetro do caule (DC) obtido utilizando paquímetro digital 150mm – Aço Inox Lee Tools Mod. 684132. O número de folhas (NF) foi obtido mediante contagem direta em cada planta, considerando somente as folhas completamente expandidas. Os teores relativos de clorofila (TRC) foram determinados na primeira folha completamente expandida a contar do ápice, com o auxílio de medidor portátil (modelo Minolta SPAD – 502).

Aos 35 DAS, realizou-se coleta destrutiva, em que as plantas foram separadas em folhas, pecíolos + caules, e raízes, seguidas por secagem em estufa a 60 °C até atingir massa constante. Após esse período, o material foi pesado em balança analítica (modelo

Marte – BL3200H) para determinação da massa seca das raízes ( $MS_{raiz}$ ), da parte aérea (folhas + pecíolos + caule) ( $MS_{PA}$ ), razão  $MSPA/MSR$  e a massa seca total (parte aérea + raízes) ( $MS_{total}$ ).

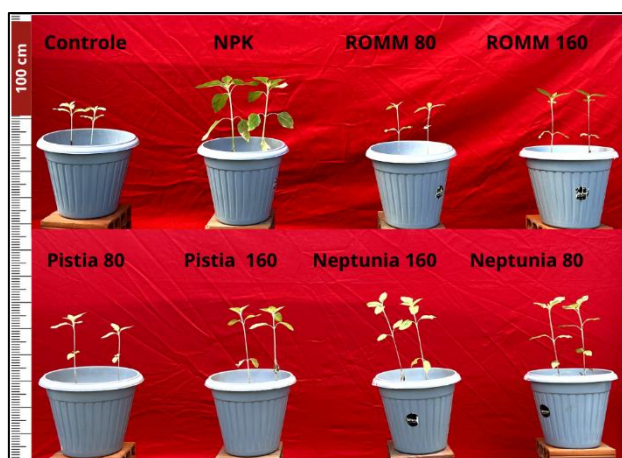
Ao fim da fase de cultivo das plantas, foram determinados o pH e a condutividade elétrica dos extratos de saturação dos substratos para verificar a presença de sais dissolvidos em excesso. Amostras homogêneas de cada um dos substratos foram dispostas em água destilada na proporção de 1:2 (m/v). Após 48h, foram realizadas as medições utilizando um medidor de pH de bancada digital e um condutímetro.

Os dados de cada período de coleta foram, independentemente, submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) de probabilidade no programa SISVAR 5.8. Os gráficos foram elaborados através do *software* SigmaPlot 14.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições experimentais empregadas, verificou-se que os tratamentos suplementados com macrófita ocasionaram maior crescimento das plantas de girassol quando comparados ao tratamento controle (Figura 1, Tabela 2). De modo geral, o tratamento contendo NPK e microelementos seguindo-se recomendação da cultura de 80 kg de  $N \cdot ha^{-1}$  obteve os melhores resultados, quando comparado aos demais tratamentos, com destaque para a variável diâmetro do caule.

**Figura 6:** Plantas de girassol, cv. BRS 323, aos 35 dias após a semeadura (DAS), contendo apenas areia (controle), NPK (80 kg  $N \cdot ha^{-1}$ ), as espécies de macrófitas *Pistia stratiotes* (80 e 160 kg  $N \cdot ha^{-1}$ ), *Neptunia oleracea* (80 e 160 kg  $N \cdot ha^{-1}$ ), e Resíduo Orgânico Misto de Macrófita – ROMM (80 e 160 kg  $N \cdot ha^{-1}$ ).



Fonte: Autores, 2024.

Para a altura, aos 21 DAS, os tratamentos contendo as espécies *Neptunia* a 80 kg  $N \cdot ha^{-1}$  e *Pistia* a 160 Kg  $N \cdot ha^{-1}$  obtiveram os melhores resultados quando comparados aos

demais tratamentos (Tabela 3), todavia, aos 35 DAS, o tratamento *Neptunia* 160 N.ha<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente entre todos os demais tratamentos, apresentando o maior valor, com uma média de 28,15 cm. Para essa variável, os menores valores foram observados no tratamento areia, com 7,69 e 12,13 cm aos 21 e 35 DAS, respectivamente. Nos tratamentos contendo macrófitas, os menores valores foram observados em plantas cultivadas com ROMM a 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (ROMM 80), atingindo valor médio de 21,17 cm aos 35 DAS (Figura 1, Tabela 3). O grupo fertilizado com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> foi respectivamente superior em 132% e 7% que a média dos grupos dos tratamentos areia e NPK, respectivamente. Acresça isso, todos os tratamentos contendo macrófitas foram superiores ao controle em médias acima de 80%.

**Tabela 5:** Altura da planta (cm planta<sup>-1</sup>), diâmetro caulinar (mm planta<sup>-1</sup>), número de folhas e teores relativos de clorofila (unidades arbitrárias) de plântulas de girassol, aos 21 e 35 DAS, controle, NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), as espécies de macrófitas *Pistia* (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), *Neptunia* (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>). As colunas representam os valores das médias de 6 repetições. Valores seguidos por letras distintas numa mesma coluna representam diferenças estatísticas entre os tratamentos, de acordo com teste de Tukey  $p \leq 0,05$ ). Para cada variável foi realizada uma análise estatística independente.

Tratamentos	Altura da planta (cm planta <sup>-1</sup> )		Diâmetro caulinar (mm planta <sup>-1</sup> )		Número de folhas		Teores relativos de Clorofila (Índice SPAD)	
	21 DAS	35 DAS	21 DAS	35 DAS	21 DAS	35 DAS	21 DAS	35 DAS
Controle	7,69 <sup>e</sup>	12,13 <sup>f</sup>	2,53 <sup>d</sup>	2,67 <sup>e</sup>	4,00 <sup>c</sup>	6,00 <sup>b</sup>	26,25 <sup>c</sup>	21,72 <sup>c</sup>
NPK	10,88 <sup>d</sup>	26,38 <sup>b</sup>	3,55 <sup>a</sup>	5,25 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	7,51 <sup>a</sup>	31,35 <sup>a</sup>	26,00 <sup>b</sup>
ROMM 80	11,75 <sup>c</sup>	21,17 <sup>e</sup>	2,19 <sup>e</sup>	2,98 <sup>d</sup>	4,00 <sup>c</sup>	6,1 <sup>b</sup>	25,90 <sup>d</sup>	23,33 <sup>d</sup>
ROMM 160	12,17 <sup>b</sup>	22,45 <sup>d</sup>	2,51 <sup>d</sup>	2,97 <sup>d</sup>	4,00 <sup>c</sup>	6,10 <sup>b</sup>	25,33 <sup>d</sup>	23,36 <sup>d</sup>
<i>Pistia</i> 80	12,30 <sup>b</sup>	23,10 <sup>c</sup>	2,54 <sup>d</sup>	3,63 <sup>c</sup>	4,00 <sup>c</sup>	6,25 <sup>b</sup>	25,52 <sup>d</sup>	23,11 <sup>d</sup>
<i>Pistia</i> 160	14,92 <sup>a</sup>	23,10 <sup>c</sup>	3,15 <sup>b</sup>	3,47 <sup>c</sup>	5,00 <sup>b</sup>	6,33 <sup>b</sup>	26,49 <sup>c</sup>	24,32 <sup>c</sup>
<i>Neptunia</i> 80	15,00 <sup>a</sup>	23,88 <sup>c</sup>	2,85 <sup>c</sup>	3,67 <sup>c</sup>	4,00 <sup>c</sup>	6,17 <sup>b</sup>	28,18 <sup>b</sup>	25,46 <sup>b</sup>
<i>Neptunia</i> 160	12,42 <sup>b</sup>	28,15 <sup>a</sup>	2,66 <sup>d</sup>	4,03 <sup>b</sup>	6,00 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	30,77 <sup>a</sup>	26,78 <sup>a</sup>

Fonte: Autores, 2024.

De acordo com Soares *et al.* (2016), o crescimento em altura da planta de girassol pode ser influenciado pelas doses de nitrogênio e fósforo, respectivamente, em que, o aumento das doses desses elementos proporcionou acréscimo linear no crescimento. Brito *et al.* (2018), também observaram incrementos na altura de plantas de girassol suplementadas com resíduos de algas.

Em relação ao diâmetro do caule (DC), tanto aos 21 como nos 35 DAS, o grupo de plantas suplementado com NPK apresentou maiores valores quando comparados aos demais tratamentos, obtendo uma média de 5,25 mm na última avaliação (Tabela 3). Os resultados da presente pesquisa corroboram com os obtidos por Campos *et al.* (2015), que

também observaram maiores diâmetros do caule em plantas de girassol adubadas com NPK. Vale destacar que, o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> se destacou entre os demais tratamentos suplementados com macrófitas, com média de 4,03 mm de DC, a qual foi aproximadamente 51% maior que aquela obtida pelo grupo controle (média de 2,67 mm). Entretanto, quando comparado ao tratamento NPK, o grupo *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> foi inferior em aproximadamente 30%. Entre os tratamentos com macrófitas, o ROMM 80 kg N.ha<sup>-1</sup> e ROMM 160 kg N.ha<sup>-1</sup> não diferiram entre si e ainda apresentaram as menores médias de DC (2,97 e 2,98 mm, respectivamente); todavia, ainda maiores que o grupo controle.

Em relação ao número de folhas (NF), aos 21 e 35 DAS, os maiores valores foram obtidos nos grupos suplementados com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> e NPK, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3). Ambos se destacaram com média de 7,5 folhas e foram aproximadamente 20% maior que os demais tratamentos com macrófitas e areia, que não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram média de 6 folhas completamente expandidas ao final do experimento. No que diz respeito à essa variável, diversos trabalhos com girassol obtiveram resultados semelhantes, como o de Nunes *et al.* (2017), utilizando percolado de aterro sanitário e Diniz *et al.* (2020), utilizando esterco bovino obtiveram incrementos no número de folhas e área foliar.

Para os teores relativos de clorofila (TRC), aos 21 DAS, as plantas suplementadas com NPK obtiveram as melhores médias (Tabela 3). Aos 35 DAS, o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente entre todos os demais tratamentos, cujas plantas apresentaram os maiores valores para essa variável, com uma média de 26,78 de índice SPAD. Logo, o grupo *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> foi respectivamente maior em 23% e 3% que a média dos grupos do tratamento areia e NPK. Resultados similares também foram encontrados por Aderaldo *et al.* (2023), e Arruda *et al.* (2019), onde observaram incrementos na clorofila em plantas de girassol, respectivamente, suplementadas com escama de tilápia e percolado de aterro sanitário. Adicionalmente, neste experimento aos 35 DAS, o tratamento ROMM 80 foi o menos eficiente no incremento de teores relativos de clorofila dentre os tratamentos utilizando macrófitas, atingindo valor médio de 22,33 SPAD (Tabela 3). Em contrapartida, os menores valores para essa variável foram observados em plantas de girassol sob tratamento controle (21,72 SPAD).

De maneira geral, em todas as variáveis analisadas, os tratamentos suplementados com macrófitas obtiveram resultados significativos quando comparados ao controle. Em relação ao fertilizante químico, as plantas de girassol suplementadas com a espécie

*Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> obtiveram os melhores resultados nos parâmetros altura de planta, teores relativos de clorofila e número de folhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Castro *et al.*, (2022), que concluíram que a adubação orgânica do solo promoveu um efeito positivo dos parâmetros biométricos altura de planta e número de folhas de plantas de girassol. Freitas *et al.* (2021), e Medeiros *et al.* (2020), também observaram maiores crescimentos em plantas de girassol suplementadas com adubação orgânica, respectivamente, utilizando adubo mineral e cama de frango. Acresça isso, Barbosa *et al.* (2017), e Sousa *et al.* (2021), utilizando espécies de macrófitas aquáticas, respectivamente *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*, também no cultivo de girassol, observaram resultados semelhantes aos 21 dias após a semeadura nos parâmetros altura, número de folhas e teores relativos de clorofila, quando comparados ao adubo comercial e ao tratamento sem fertilizante (areia).

Para a massa seca das raízes (MS<sub>raiz</sub>), aos 35 DAS, o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente entre todos os demais tratamentos, apresentando os maiores valores, com uma média de 0,16 g (Figura 2A), enquanto os menores valores foram observados no tratamento controle (0,05 g). Nos tratamentos contendo macrófitas, os menores valores de MSR foram apresentados por plantas cultivadas com ROMM a 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (ROMM 80) e *Pistia* 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (*Pistia* 80), que não diferiram estatisticamente, atingindo valor médio de 0,035 g. Por outro lado, o grupo *Neptunia* a 160 kg N.ha<sup>-1</sup> promoveu incrementos de 235 e 21%, respectivamente, nos valores de MSR em relação as médias das plantas sob tratamento controle e NPK. Resultados semelhantes foram encontrados por Barbosa *et al.* (2018), no cultivo de girassol suplementadas com resíduos de *Eichhornia crassipes*.

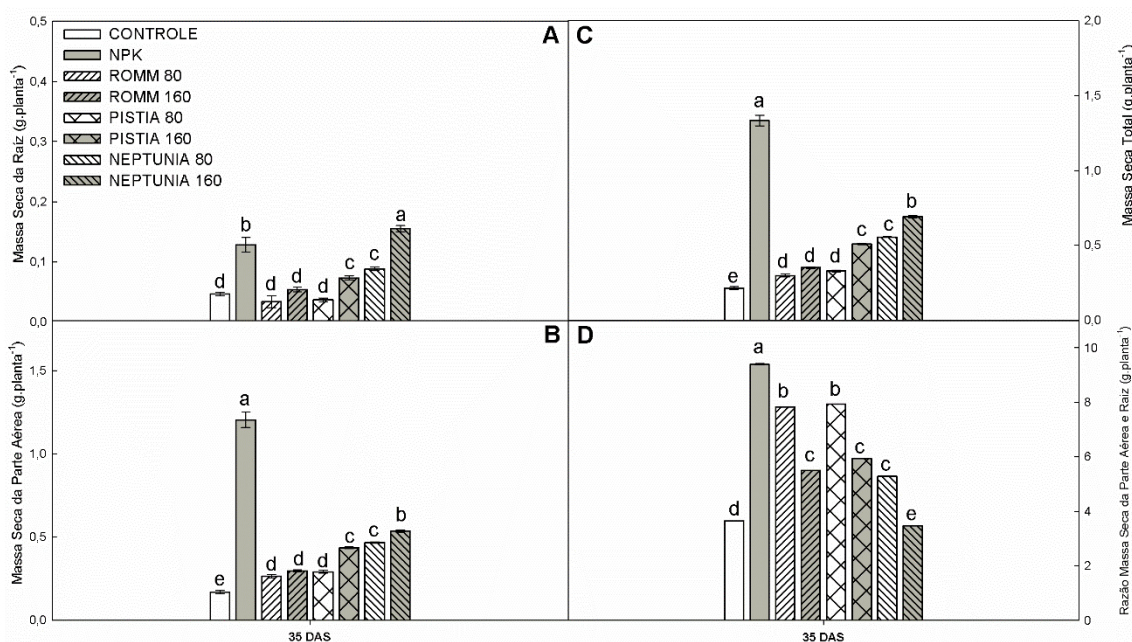
Em relação a variável massa seca da parte aérea (MS<sub>PA</sub>), verificou-se que aos 35 DAS, as plantas de girassol crescendo em substrato contendo NPK 80 kg N.ha<sup>-1</sup> obtiveram os melhores resultados (Figura 2B). Entretanto, vale ressaltar que o tratamento *Neptunia* 160 Kg N.ha<sup>-1</sup>, apresentou valores mais elevados quando comparado aos demais suplementados com macrófitas e ao tratamento controle (areia sem adubação). Curiosamente, resultados contrários foram observados por Souza *et al.* (2023), em que a MSPA em plantas de girassol (*Helianthus annuus*) foi superior nos tratamentos suplementados com macrófitas da espécie *Salvinia auriculata*.

Plantas de girassol cultivadas em substrato contendo NPK 80 kg N.ha<sup>-1</sup> obtiveram os melhores resultados para massa seca total (MS<sub>total</sub>) aos 35 DAS (Figura 2C). O tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup>, apresentou valores mais elevados quando comparado

aos demais tratamentos com macrófitas e ao controle, sendo a média superior ao controle em cerca de 242%, e inferior ao tratamento com NPK em cerca de 93%. Resultados semelhantes foram encontrados por Freitas *et al.* (2021), que concluíram que o uso do NPK proporcionou um acréscimo na massa seca da parte aérea e total de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L).

Para compreender como ocorre a partição da biomassa acumulada nas plantas de girassol cultivadas nos distintos tratamentos de adubação avaliados, foi determinada a razão massa seca parte aérea e massa seca da raiz ( $MS_{PA}/MS_{raiz}$ ) aos 35 DAS (Figura 2D). Diante disso, foi observado que as plantas suplementadas com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup>, apresentaram a menor média de valores, sendo aproximadamente 3,46 g.planta, resultados distintos do tratamento NPK que apresentou os maiores valores, em torno de 5,66. Isso indica, que em plantas tratadas com *Neptunia* 160, a partição de biomassa foi mais equilibrada entre os tecidos aéreos e radiculares (Figura 2D).

**Figura 7:** Massas secas da raiz (A), parte aérea (B), total (C) e razão parte aérea e raiz (D) de plantas de girassol aos 35 dias após a semeadura em substratos contendo, controle, NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), as espécies de macrófitas *Pistia* (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e *Neptunia* (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>), e Resíduo Orgânico Misto de Macrófita – ROMM (80 e 160 kg N.ha<sup>-1</sup>). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As barras representam os valores das médias de 6 repetições  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Autores, 2024.

De modo geral, todos os tratamentos suplementados com macrófitas foram superiores ao controle, e na variável MSR o tratamento *Neptunia* 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> foi superior ao NPK. Resultados semelhantes foram encontrados por Aderaldo *et al.* (2023), onde aos 25 dias após a semeadura, observaram que a massa seca das raízes sofreu

incrementos quando comparadas ao adubo comercial, mediante a suplementação por resíduos de escamas de tilápia. Da mesma forma, Rakotoarisoa *et al.* (2020), através da aplicação de composto de *E. crassipes*, relataram um aumento no crescimento de plantas de couve chinesa quando comparadas ao NPK e esterco de vaca. Silva *et al.* (2016), observaram que o acúmulo de massa seca nas plantas de girassol foi influenciado pelas concentrações celulares de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, os quais participam ativamente dos processos metabólicos de geração de fotoassimilados, o que explicaria os melhores resultados da massa seca total para o tratamento NPK, o qual é composto por macro e microelementos nas condições ideais para o cultivar utilizado nesse estudo.

Em uma análise geral, o gráfico em radar revela o contraste no desempenho das plantas de girassol quando cultivadas com diferentes fontes de adubação nitrogenada (Figura 3). Com base nas variáveis morfofisiológicas analisadas neste estudo, o tratamento com fertilizante químico (NPK, linha laranja) promoveu melhor crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol, no entanto, vale ressaltar que dentre os tratamentos com uso de macrófitas aquáticas, o *Neptunia* 160 Kg N.ha<sup>-1</sup> (linha vermelha) promoveu consideráveis efeitos positivos, como os observados nos valores de altura de planta, número de folhas, teores relativos de clorofila (tabela 3) e no acúmulo de MS<sub>raíz</sub> e MS<sub>total</sub> (Figura 2 e 3). Portanto, este tratamento pode contribuir, pelo menos parcialmente, para a redução do uso de fertilizantes químicos. Isto posto, ressalta-se o potencial ambientalmente relevante e vantajoso da utilização de macrófitas como fonte alternativa de nutrientes, tendo em vista sua vasta disponibilidade na natureza, e ainda como controle para evitar as superpopulações em corpos hídricos.





## REFERÊNCIAS

ADERALDO, F. Í. C.; DE ABREU LIMA, T.; DE SOUSA FILHO, E. D. N.; DE CARVALHO, G. T.; DOS SANTOS ABREU, V.; PRADO, L. P.; GONDIM, F. A. Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 12, p. 27457-27475, 2023.

AZEVEDO, G. A.; MALTONI, K. L.; DA COSTA ANDRADE, J. A.; FARIA, G. A.; DE SOUZA, E. J.; DE AZEVEDO, J. R. Desempenho de milho precoce adubado com macrófitas aquáticas submetidas aos processos de compostagem e vermicompostagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e441111334757 - e441111334757, 2022.

BARBOSA, R. M.; DA SILVA, G. D.; DE BRITO, P. O. B.; BRAGA, B. B.; GONDIM, F. A. Resíduo orgânico de *Eichhornia crassipes* como fonte de nutrientes no crescimento inicial de plantas de girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 4, 2017.

BORNETTE, G. & PUIJALON, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. **Aquatic Sciences**, v. 73, p. 1-14, 2011

BRASIL. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4, p. 479-86, 2011.

BRITO, P. O. B. de.; MARTINS, K.; BARBOSA R. M.; ARRUDA, J. F.; CARNEIRO, P. B. de 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.

CALABI-FLOODY, M.; MEDINA, J.; RUMPEL, C.; CONDRON, L. M.; HERNANDEZ, M.; DUMONT, M.; DE LA LUZ MORA, M. Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. **Advances in agronomy**, v. 147, p. 119-157, 2018.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, O. C. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvissole: Comportamento vegetativo. **Revista Ambient. Água**, v. 10, n. 1, p. 221-233, 2015.

COUGHLAN N.E.; CUTHBERT R.N.; KELLY T.V.; JANSEN M.A.K. Parched plants: survival and viability of invasive aquatic macrophytes following exposure to various desiccation regimes. **Aquatic Botany**, v.150, p. 9-15, 2018.

DE ARRUDA, J. F.; SENA, L. M.; DE BRITO, P. O. B.; JÚNIOR, F. H. N.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A. Girassol suplementado com percolado de aterro sanitário e submetido à salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 524-530, 2019.

DE CASTRO, V. A.; RABELO, L.; MORICONI, W.; DE QUEIROGA, J. L.; LALESKA CESILA RABELO, U. Efeito da adubação orgânica na germinação e desenvolvimento do girassol cultivado em sistema agroflorestal. In: Congresso Interinstitucional De Iniciação Científica, 16. Anais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2022. Evento online. CIIC 2022. n.º 22413.

DE SOUZA, J. N.; DE BRITO, P. O. B.; DE SOUSA FERREIRA, G.; ADERALDO, F. Í. C.; GONDIM, F. A. Macrófitas como fonte de nutrientes no crescimento inicial de plantas de girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 109-116, 2021.

DE SOUSA, J. N.; DE BRITO, P. O. B.; DE SOUSA FERREIRA, G.; DE ARRUDA, J. F.; GONDIM, F. A. Produção de matéria seca e atividade enzimática antioxidativa de plântulas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com *Salvinia auriculata*. **Nativa**, v. 11, n. 1, p. 44-52, 2023.

DINIZ, P. O.; DE SOUSA OLIVEIRA, P. L.; SOUSA, G. O.; DA SILVA RODRIGUES, E. N.; DA MOTA, F. D. A. R. Efeitos de diferentes proporções de esterco bovino no desenvolvimento do girassol. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2464-2472, 2020.

DE FREITAS, G. Q.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; ALVES, D. K. M.; SOARES, F. A. L.; MORAIS, W. A. Acúmulo de biomassa e produtividade do girassol cultivado sob adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e4610615396-e4610615396, 2021.

DE FREITAS, GQ.; CABRAL FILHO, FR.; TEIXEIRA, MB.; CUNHA, FN.; ALVES, DKM.; SOARES, FAL.; MORAIS, WA. Acúmulo de biomassa e produtividade do girassol cultivado sob adição orgânica e mineral. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.10, n.6, pág. e4610615396-e4610615396, 2021.

DUGDALE, TONY M.; HUNT, TREVOR D.; CLEMENTS, DANIEL. Aquatic weeds in Victoria: Where and why are they a problem, and how are they being controlled. **Plant Protection Quarterly**, v. 28, n. 2, p. 35-41, 2013.

FARIAS, WM.; DE ANDRADE, LA.; DE ALBUQUERQUE, MB.; DA CUNHA, JR. Utilização de macrófitas aquáticas na composição de substrato para produção de mudas de moringa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 85, p. 25-30, 2016.

FERNANDES, D.; MORAIS, Í. S.; MORAIS, I. S.; THELMA, M. T. R. D. M.; MARINO, R. D.; DE PAULA TAVEIRA, N.; DA SILVA, V. B. G. Estudo granulométrico da Lagoa da Precabura, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Ceará. **Revista Tecnologia**, v. 34, n. 1/2, p. 63-78, 2013.

FERNANDES, U. L.; DE OLIVEIRA, C.E.; LACERDA, S.R. Role of macrophyte life forms in driving periphytic microalgal assemblages in a Brazilian reservoir. **Journal of Limnology**, v. 75, p. 44-51, 2016.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, A. C. B; PIRES, J. L. F.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, I. R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol convencional e alto oleico na região Sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 57, p. 217-223, 2014

HERNANDÉZ, T.; GARCIA, E.; GARCÍA, C. A strategy for marginal semiarid degraded soil restoration: A sole addition of composta at a high rate. A five-year field experimente. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, p. 61-71, 2015.

MEDEIROS, L. C.; SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. T. C. C.; MEDEIROS, M. R. J. C. Morfometria de girassóis irrigados com água residuária e adubado com diferentes doses de nitrogênio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14936-14950, 2020.

NUNES, 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. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 71-86, 2016.

OLIVEIRA, L. S. **Decomposição de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes sobre o solo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza, 2017.

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E. F.; TRINDADE, C. R. T.; FURLANETTO, L. M.; ACOSTA, M. C. Uso de *Eichhornia crassipes* (Mart.) *solms* para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v. 36, n. 133, p. 73-81, 2012.

PORTUGAL, J. R.; TARSITANO, M. A. A.; PERES, A. R.; ARF, O., & DE CASTILHO GITTI, D. Organic and mineral fertilizer application in upland rice irrigated by sprinkler irrigation: economic analysis. **Científica**, v. 2, p. 146-155, 2016.

PLUMECOCQ, G.; T. DEBRIL.; M. DURU.; M. B. MAGRINI.; J. SARTHOU.; O. THEROND. The plurality of values in sustainable agriculture models: diverse lock-in and coevolution patterns. **Ecology and Society**, n. 23, v. 21, 2018. <https://doi.org/10.5751/ES-09881-230121>

RAKOTOARISOA, T.; RICHTER, T.; SCHMIDT, N.; CONTRERAS, J. M. An alternative for agriculture at Lake Alaotra, Madagascar: organic fertilizer and soil amendment from the invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Madagascar Conservation & Development**, v. 15, n. 1, p. 27–34-27–34, 2020.

SANTOS, D. R.; PINHEIRO, R. A.; SILVA, J. E.; SOUSA, T. A.; BARROS, R. P. Resposta do desempenho da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L., *asteraceae*) cultivados com estorno aviário em vaso. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 2, p. 32–39, 2020.

SILVA, P. S.; FERREIRA, A. P.; LANDA, G. G. Influência da qualidade da água no crescimento de macrófitas aquáticas. **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 4, n. 1, 2021.

SILVA, T.T.S.; LOPES, R.M.B.P.; GUIMARÃES, J.P.; LIMA, V.L.A.; FARIAS, M.S.S.; Efeito da adubação orgânica sobre a matéria seca do girassol irrigado com água residuária. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v. 11, n.3, p. 13-17, 2016

SOARES, L. E.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SILVA, G. G. C. DA.; OLIVEIRA, E. M. M. DE.; BEZERRA, M. G. DA S.; SANTOS, T. J. A. DOS.; DIFANTE, G. DOS S. Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, n. 6, v. 2, p. 19-25, 2016.

SOUZA, J. N.; DE BRITO, P. O. B.; DE SOUSA FERREIRA, G.; ADERALDO, F. Í. C.; GONDIM, FA. Macrófitas como fonte de nutrientes no crescimento inicial de plantas de girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 109-116, 2020.

WILLER, H.; SCHAACK, D.; LERNOUD, J. Organic farming and market development in Europe and the European Union. Bonn: Ifoam – **Organics Internacional**, 2019.

### CAPÍTULO 3

(Artigo submetido à Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA)

#### CRESCIMENTO DE GIRASSOL SOB DÉFICIT HÍDRICO SUPLEMENTADAS COM MACRÓFITAS RETIRADAS DA LAGOA DA PRECABURA – CE

*Growth of sunflower under water stress supplemented with macrophytes taken from  
Precabura Lagoon – CE*

**RESUMO:** A região do semiárido brasileiro apresentam a baixa disponibilidade hídrica, além de solos rasos e pobres em matéria orgânica, o que afeta o desenvolvimento da produção agrícola. Ademais, nessas regiões, muitos corpos hídricos têm apresentado elevados níveis de eutrofização, e consequentemente, crescimento desordenado de macrófitas aquáticas. Diante do exposto, o trabalho analisou os efeitos da aplicação de resíduos de macrófitas aquáticas coletadas na Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio – CE, em plantas de girassol sob déficit hídrico, avaliando variáveis de crescimento: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), teores relativos de clorofila (TRC) e produção de massa fresca. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 2x4, sendo dois tratamentos hídricos (com irrigação e sem irrigação) e quatro tipos de substratos: 1) 100% em volume de areia (ausência de fertilizante); 2) NPK na formulação 10:10:10 (seguindo-se recomendação da cultura de 80kg de N.ha<sup>-1</sup>); 3) *Neptunia* a 160kg de N.ha<sup>-1</sup> e 4) ROMM a 160kg de N.ha<sup>-1</sup>. Aos 33 dias após sementeira, a suplementação com *Neptunia* a 160kg de N.ha<sup>-1</sup> proporcionou maiores incrementos na AP, NF, TRC e massa fresca da raiz, além de um melhor índice de tolerância a seca, nas duas condições de irrigação avaliadas. Dessa forma, o seu uso minimizou os efeitos deletérios do estresse hídrico no crescimento das plântulas de girassol.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L; Seca; Adubação nitrogenada.

**ABSTRACT:** Brazilian semi-arid region present low water availability, in addition to shallow soils poor in organic matter, which affects the development of agricultural production. Furthermore, in these regions, many water bodies have shown high levels of eutrophication, and consequently, disordered growth of aquatic macrophytes. In view of the above, the work analyzed the effects of applying residues of aquatic macrophytes collected in Lagoa da Precabura, between the municipalities of Fortaleza and Eusébio – CE, on sunflower plants under water stress, evaluating growth parameters, plant height (AP), stem diameter (DC), number of leaves (NF), relative chlorophyll content (TRC) and fresh mass production. The experimental design was completely randomized, arranged in a 2x4 factorial arrangement, with two water treatments (with irrigation and without irrigation) and four types of substrates: 1) 100% by volume of sand (absence of fertilizer); 2) NPK in the 10:10:10 formulation (following the crop recommendation of 80kg of N.ha<sup>-1</sup>); 3) *Neptunia* at 160kg of N.ha<sup>-1</sup> and 4) ROMM at 160kg of N.ha<sup>-1</sup>. At 33 days after sowing, supplementation with *Neptunia* at 160kg of N.ha<sup>-1</sup> provided greater increases in AP, NF, TRC and root fresh mass, in addition to a better drought tolerance index, both in the two conditions evaluated. Therefore, its use minimized the harmful effects of water stress on the growth of sunflower seedlings.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L; Drought; Nitrogen fertilization.

## INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos estão entre os recursos naturais mais necessários para sustentar a vida e o desenvolvimento socioeconômico, sendo essencial no crescimento da vegetação e na exploração dos recursos naturais, e a escassez desse recurso, resulta em déficit hídrico na agricultura (DONG *et al.*, 2021).

O déficit hídrico é um dos principais problemas agrícolas que reduz o rendimento das culturas nas regiões áridas e semiáridas do mundo, como é o caso do semiárido nordestino brasileiro, caracterizado por baixos valores de precipitação, altas taxas de evapotranspiração, baixa umidade, solos pedregosos, rasos e com baixos teores de nutrientes (NIU *et al.* 2017; LUCENA *et al.*, 2021; PAULA *et al.*, 2020). Além disso, nessas regiões, os ecossistemas de água doce, como as lagoas, estão ameaçados devido a diversos fatores, tais como alterações climáticas e ações antrópicas. Dentre essas ações, destacam-se a utilização dos solos nas bacias hidrográficas e o aumento da eutrofização (escoamento de áreas agrícolas, industriais ou urbanas), que conseqüentemente favorecem o estabelecimento de plantas invasoras, como as macrófitas (POVEDA, 2022). Nesse sentido, problemas foram observados por Silva (2019) na Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, no estado do Ceará, objeto desse estudo.

Diante desse cenário, uma das estratégias utilizadas pelas plantas para evitar o déficit hídrico no solo, é o ajustamento osmótico celular através da redução na perda de água (BATISTA *et al.*, 2020). Esses mecanismos de tolerância à seca, ou tolerância sob baixo conteúdo de água, permitem que a planta mantenha seu metabolismo, mesmo que o potencial hídrico dos tecidos esteja reduzido (CRUZ, 2023). Isto posto, Costa *et al.* (2019) observaram que uma adubação orgânica eficiente seria uma possibilidade para a remediação das condições de estresse em plantas.

Estudos mostram que as macrófitas atuam desde bioindicadores da qualidade da água, como no uso de sua biomassa vegetal na biosorção, fitorremediação, medicina, inclusão na alimentação animal, produção de biogás, e ainda como fertilizantes orgânicos (POMPEU, 2017; BARBOSA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2021). Além disso, influem diretamente o ecossistema em que vivem, mantendo o equilíbrio, tendo uma ação eficaz no acúmulo de nutrientes, metais pesados e desempenhando um papel importante na manutenção da biodiversidade (HAROON, 2020).

Seguindo o que fora explanado, foi escolhido o girassol (*Helianthus annuus* L.), por apresentar uma boa capacidade de aclimação a solos e climas diversos (ADELEKE

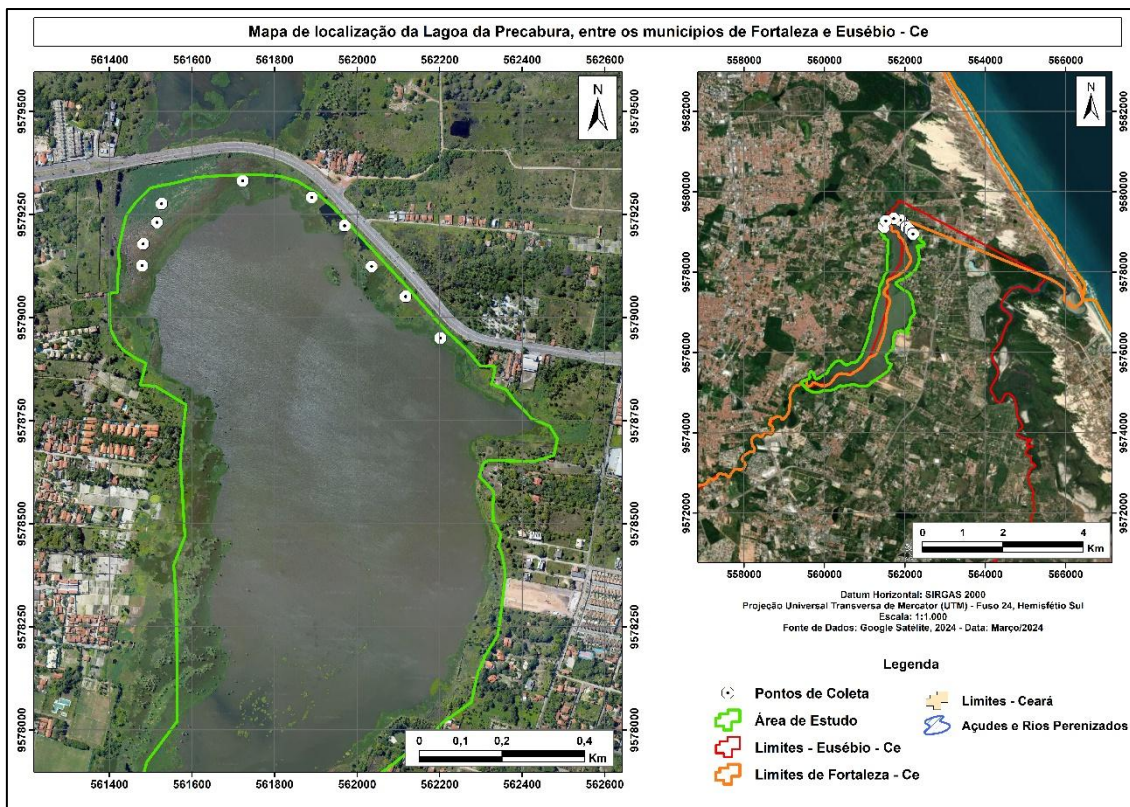
e BABALOLA, 2020). Possui diversas possibilidades de exploração, sendo utilizado na produção de proteínas e óleos vegetais, assim como na utilização de energias renováveis, se destacando tanto no mercado internacional quanto nacional, e possibilitando uma opção altamente competitiva no agronegócio brasileiro (DE OLIVEIRA *et al.*, 2022). Além disso, é considerada uma das mais importantes culturas de sementes oleaginosas com tolerância, moderada a alta, à seca e a diferentes níveis de salinidade (MILA *et al.*, 2017). Segundo Amaral *et al.* (2021) o entendimento do comportamento fisiológico do girassol é de fundamental importância para entender como os estresses abióticos, seja ele hídrico e/ou salino, impostos ao cultivo influenciam processos posteriores, como crescimento e produtividade.

Conforme apresentado, e entendendo a importância de uma finalidade ambientalmente adequada para o excesso de macrófitas aquáticas, o objetivo do estudo foi avaliar a influência do uso de macrófitas aquáticas, oriundas da Lagoa da Precabura, Fortaleza – Ce, na atenuação dos efeitos deletérios da seca no crescimento de plantas de girassol, avaliando variáveis morfofisiológicas como altura, diâmetro do caule, número de folhas, teores relativos de clorofila, matérias frescas da parte aérea, raiz, razão parte aérea/raiz e total, e índice de tolerância relativa ao estresse para elucidar as respostas das plantas aos tratamentos analisados.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *Campus* Maracanaú, Ceará, Brasil, localizado na zona 24 S 543134.88 m E e 9571988.43 m S, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2024. Na composição dos substratos, foram utilizadas as amostras de macrófitas retiradas da Lagoa da Precabura, localizada entre os municípios de Fortaleza e Eusébio, Ceará, Brasil. Ao todo, foram escolhidos dez pontos de coleta conforme mostrado na Figura 1.

**Figura 9:** Pontos de coleta na Lagoa da Precabura, Fortaleza e Eusébio - Ce, totalizando dez, começando a esquerda com P01, sucessivamente até o P10.



Fonte: Autores, 2024.

O material coletado na Lagoa da Precabura foi disposto para secar em lonas pretas a sol pleno por 20 dias. Após esse período, a secagem foi concluída em estufa com circulação forçada, à temperatura de 60 °C por 24 horas. No material coletado, quatro espécies foram identificadas adequadamente a partir de exsicatas enviadas ao Herbário da Universidade Federal do Ceará – UFC, utilizando a plataforma de tombos *Species Link*, sendo as espécies e seus respectivos números do herbário: *Salvinia auriculata* (62236), *Pistia stratiotes* (49794), *Neptunia oleracea Lour* (38200) e *Eichhornia crassipes (Mart.) Solms* (49095). Para o presente estudo, o material vegetal foi triturado para formação de dois bioinsumos a serem testados: um mix das espécies encontradas (Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas – ROMM) e outro com apenas a espécie isolada *N. oleracea Lour*, tendo em vista, não haver na literatura trabalhos envolvendo a referida espécie no cultivo de girassol sob condições de déficit hídrico.

A determinação da concentração de Nitrogênio total (N) nos dois bioinsumos seguiu a metodologia de Malavolta (1997), em que foram obtidos, para *N. oleracea* e ROMM, respectivamente, os teores de 56,90 e 64,75 g.kg<sup>-1</sup> de N.



Para avaliar o desempenho das plantas sob déficit hídrico, foram usadas sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar BRS 323, cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do escritório Londrina-PR. A semeadura ocorreu em vasos plásticos de 5 litros, preenchidos com substrato areia de granulometria fina, sendo cinco sementes por vaso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 2x4, sendo dois tratamentos hídricos (com irrigação e déficit hídrico) e quatro tipos de substratos : 1) substrato sem fertilizante; 2) substrato com NPK na formulação 10:10:10 (segundo-se recomendação da cultura de 80kg de N.ha<sup>-1</sup>); 3) substrato com *N. oleracea* a 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> e 4) substrato com ROMM a 160 kg de N.ha<sup>-1</sup>.

Para o experimento, os vasos foram irrigados diariamente, mantendo 80% da capacidade de campo. O desbaste foi realizado aos 07 dias após a semeadura (DAS), restando duas plantas por vaso. Aos 27 DAS, foi iniciado o tratamento com déficit hídrico, com duração de seis dias, através da suspensão da irrigação de metade das plantas de cada um dos quatro tipos de tratamentos, constituindo 7 repetições para cada condição analisada.

Anterior a coleta do material vegetal, aos 33 DAS, foram avaliados os parâmetros de altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF). Os teores relativos de clorofila (TRC) foram determinados na primeira folha completamente expandida a contar do ápice, com o auxílio do clorofilômetro (modelo Minolta SPAD – 502). Posteriormente, foi realizada coleta destrutiva, em que as plantas foram separadas em raízes, caule e folhas.

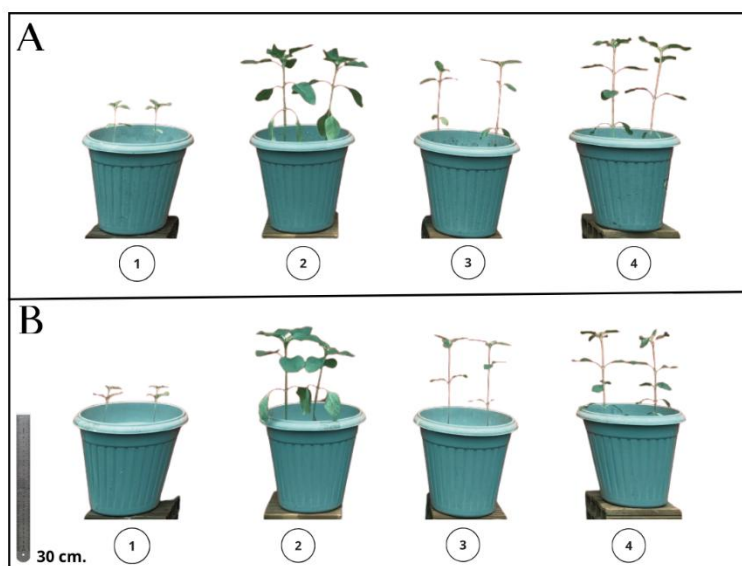
O material foi pesado em balança analítica (modelo Marte – BL3200H) para determinação da massa fresca das raízes (MF<sub>raiz</sub>), da parte aérea (folhas + pecíolos + caule) (MF<sub>PA</sub>), razão MF<sub>PA</sub>/MF<sub>raiz</sub> e a massa fresca total (parte aérea + raízes) (MF<sub>total</sub>). Em seguida, o material vegetal (folhas + caule + raízes) foi seco em estufa com circulação forçada a 60 °C, durante 72h, para obtenção da massa seca total (MS<sub>total</sub>), que foi utilizada para determinação do índice de tolerância relativa ao estresse, através da comparação da MS<sub>total</sub> das plantas estressadas com a MS<sub>total</sub> das plantas irrigadas, de acordo com metodologia descrita por Silva *et al.* (2023).

Os dados da coleta foram, independentemente, submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) de probabilidade no programa SISVAR 5.8. Os gráficos foram elaborados através do software SigmaPlot 14.0.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Aos 33 dias após a semeadura (DAS) verificou-se que os tratamentos suplementados com macrófitas promoveram maior crescimento das plantas de girassol, tanto nas condições controle (Figura 2A) como sob déficit hídrico (Figura 2B), quando comparados ao tratamento controle (ausência de fertilizante). De modo geral, a suspensão da irrigação causou reduções nos parâmetros morfológicos. O tratamento contendo *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> destacou-se em relação aos demais tratamentos por apresentar os melhores resultados para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF) e teores relativos de clorofila (TRC). Adicionalmente, a adubação com NPK promoveu maiores valores de diâmetro do caule quando comparado aos demais tratamentos, nas duas condições de irrigação.

**Figura 10:** Plantas de girassol, cv. BRS 323, aos 33 dias após a semeadura (DAS), submetidas aos tratamentos sem adubação (controle - 1), com fertilizante NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup> - 2), adubadas com o resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup> - 3), e com a espécie de macrófita *Neptunia oleracea* (160 kg N.ha<sup>-1</sup> - 4) nas condições de plena irrigação (A) e sob déficit hídrico (6 dias de suspensão de irrigação) (B).



Fonte: Autores, 2024.

Em condições de irrigação plena aos 33 DAS, o tratamento *Neptunia* a 160 kg N.ha<sup>-1</sup> promoveu melhor valor de altura da planta (AP) quando comparados àqueles obtidos nos demais tratamentos (Figura 3A), apresentando a média superior ao controle e NPK, respectivamente em 90,6% e 7,7%. Nas condições de déficit hídrico (EH), foi possível observar reduções nessa variável em todos os tratamentos, todavia, os maiores valores foram observados nas plantas tratadas com *Neptunia* a 160 kg N.ha<sup>-1</sup>, com uma média de 25,4 cm.

Comportamento semelhante foi observado para variável número de folhas (NF), em que os maiores valores foram obtidos nos grupos suplementados com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> tanto na condição irrigada como sob EH (Figura 3B), com as respectivas médias de 10 e 9 folhas. Esses resultados, sob condições irrigadas, foram maiores que aqueles obtidos pelo grupo controle e NPK, respectivamente, em 100 e 11,1%, como também foram superiores em 125 e 10,29% sob condições de estresse hídrico.

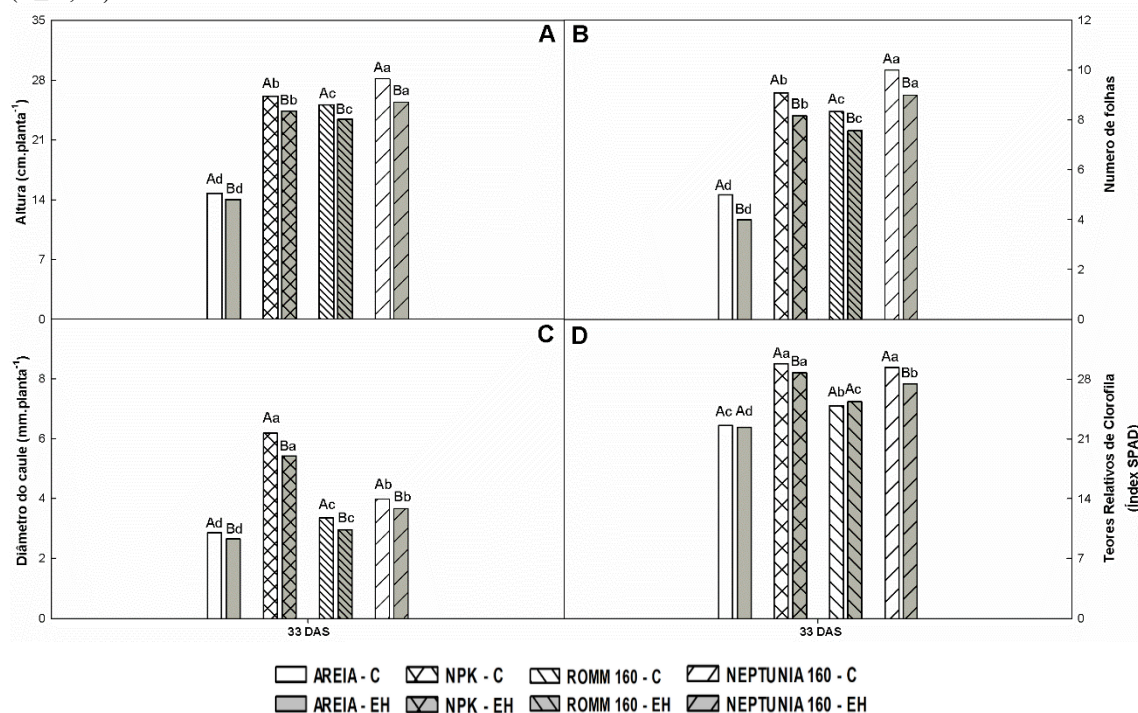
Em relação ao diâmetro do caule (DC), aos 33 DAS, o grupo de plantas suplementado com NPK apresentou maiores valores quando comparados aos demais tratamentos, tanto nas condições de plena irrigação quanto no estresse hídrico, obtendo média respectivamente de 6,18 mm e 5,42 mm (Figura 3C). Ademais, o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> se destacou em relação ao tratamento ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>), nas duas condições de irrigação empregadas, obtendo as médias de 4,01 mm e 3,66 mm para plantas irrigadas e estressadas, respectivamente. Entretanto, quando comparado ao tratamento NPK, o grupo *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> foi inferior em aproximadamente 54% para a variável DC.

Na condição irrigada, os teores relativos de clorofila (TRC), aos 33 DAS, apresentaram os maiores valores nos grupos suplementados com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> e NPK, que não diferiram estatisticamente entre si (Figura 3D). Na condição de estresse, mesmo apresentando valores inferiores aos observados em plantas crescidas com fertilizante químico NPK, plantas adubadas com *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> mostraram maior TRC em relação aos tratamentos com ROMM e sem fertilizante (Figura 3D). Resultados similares também foram encontrados por Brito *et al.* (2022) onde observaram incrementos na clorofila em plantas de girassol suplementadas com resíduos de algas marinhas.

De modo geral, as plantas suplementadas com macrófitas obtiveram resultados positivos nos parâmetros morfofisiológicos nas duas condições empregadas no cultivo de girassol, com destaque para espécie *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> que apresentou os melhores resultados nos parâmetros altura de planta, teores relativos de clorofila e número de folhas, tanto nas condições controle como sob estresse hídrico. Resultados semelhantes para cultura do girassol sob condições de estresse hídrico também foram encontrados por Aderaldo *et al.*, (2024), trabalhando com escama de tilápia, e Nunes *et al.* (2016), utilizando percolado de aterro sanitário. Em relação ao DC, o tratamento NPK obteve valores expressivos quando comparados aos demais tratamentos, nas duas condições impostas. Resultados contrários foram encontrados por Moreira *et al.* (2019), onde

obtiveram melhores resultados de DC na utilização de resíduo industrial de suplemento animal no cultivo de girassol, em comparação ao NPK.

**Figura 11:** Altura da planta (A), número de folhas (B), diâmetro caulinar (C) e teores relativos de clorofila (D) de plântulas de girassol, cv. BRS 323, aos 33 dias após a semeadura (DAS), submetidas aos tratamentos sem adubação (contendo apenas areia - controle), com NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), com *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e com resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>), nas condições de irrigação plena (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) com duração de 6 dias de suspensão de irrigação. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre regimes de irrigação dentro de um mesmo tratamento de adubação, enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes tratamentos de adubação em um mesmo regime de irrigação, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



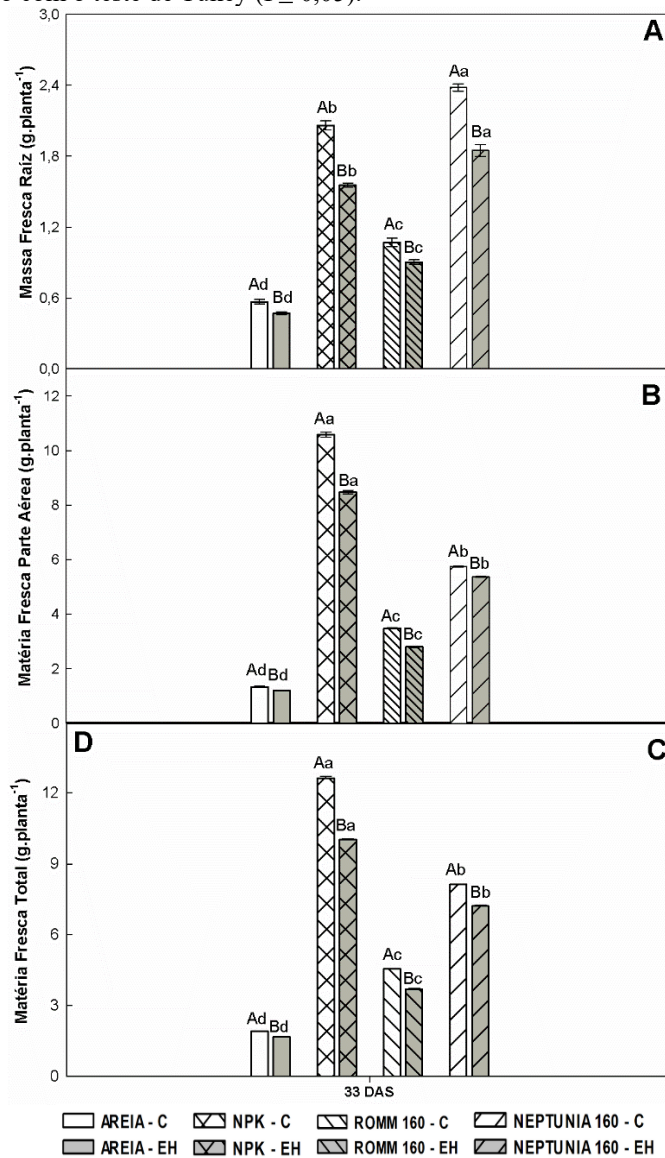
Fonte: Autores, 2024.

Sob condições irrigadas, a massa fresca das raízes ( $MF_{raiz}$ ) do tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> aos 33 DAS, diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores, com uma média de 2,38 g, sendo superior ao NPK e areia, respectivamente em 15,5 e 406,4% (Figura 4A). Resultados semelhantes foram encontrados na condição de estresse, onde o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> obteve os melhores resultados. Aderaldo *et al.* (2024) descreveram incrementos na massa das raízes em plantas de girassol suplementadas com escama de tilápia, sob estresse hídrico.

Em relação a variável massa fresca da parte aérea ( $MF_{PA}$ ), verificou-se que o tratamento contendo NPK 80 kg N.ha<sup>-1</sup> obteve os melhores resultados (Figura 4B), tanto na condição irrigada quanto no EH. Em contrapartida, o tratamento *Neptunia* 160 Kg N.ha<sup>-1</sup>, apresentou valores mais elevados quando comparado ao ROMM e ao tratamento controle (sem fertilizante) em ambos os regimes de irrigação.

Plantas de girassol cultivadas em substrato contendo NPK 80 kg N.ha<sup>-1</sup> obtiveram os melhores resultados para massa fresca total (MF<sub>total</sub>) aos 33 DAS, independente do regime de irrigação (Figura 4D). Por outro lado, o tratamento *Neptunia* 160 kg N.ha<sup>-1</sup> apresentou valores mais elevados para essa variável quando comparado ao ROMM e ao controle, sendo a média, respectivamente, superior na condição irrigada em cerca de 78,9 e 327,4%, e sob estresse hídrico em 95,39 e 331,8%. Resultados semelhantes foram observados por Barbosa *et al.* (2018) em que a MF<sub>total</sub> de plantas de girassol (*Helianthus annuus*) foi superior nos tratamentos suplementados com macrófitas da espécie *Eichhornia crassipes* em relação ao controle (sem fertilizante).

**Figura 12:** Massa fresca da raiz (A), parte aérea (B) e massa fresca total (C) de plantas de girassol aos 33 dias após a semeadura (DAS), cultivadas na ausência de adubação (controle), com NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), com *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e com resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>), nas condições irrigada (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) (6 dias de suspensão de irrigação). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



Fonte: Autores, 2024.

De modo geral, o tratamento NPK obteve os melhores resultados para condição hídrico das plantas de girassol, exceto para a variável  $MF_{raiz}$  em que o tratamento suplementado com *Neptunia* 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> foi superior entre os tratamentos analisados. Além disso, os tratamentos com macrófitas promoveram melhor *status* hídrico das plantas quando comparados ao controle (areia) tanto nas condições irrigadas quanto no estresse hídrico, observado pelos maiores valores de  $MF_{raiz}$ ,  $MF_{PA}$  e  $MF_{total}$  (Figura 4 A, B e C). Resultados semelhantes foram encontrados para o cultivo de girassol sob

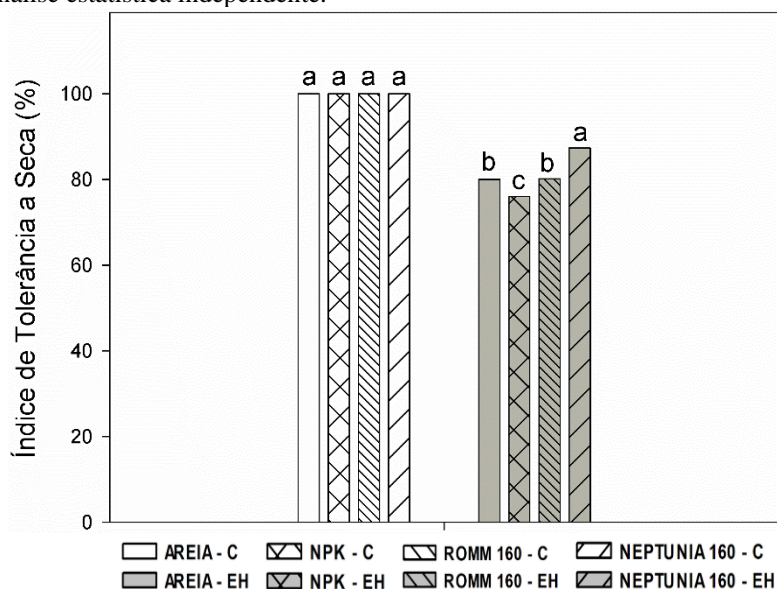
condições de plena irrigação e estresse hídrico quando as plantas foram adubadas com resíduos de algas marinhas (BRITO *et al.*, 2022), resíduos industriais de diferentes granulometrias (COSTA *et al.*, 2021), e resíduos orgânicos de macrófitas (BARBOSA *et al.*, 2024).

Para o cálculo do coeficiente de tolerância à seca (CTS) (Blum; Jordan, 1985), foram utilizados os dados de massa seca total de plantas ( $MS_{total}$ ) dos tratamentos submetidos ao estresse hídrico em comparação com plantas controle, de acordo com a seguinte equação:

$$CTS = \frac{MS_{total} \text{ tratamentos sob estresse hídrico}}{MS_{total} \text{ tratamentos controle}}$$

Diante das limitações hídricas, foram observadas alterações significativas nas variáveis avaliadas, culminando em diferentes índices relativos de tolerância ao estresse, que foi dependente do tratamento de adubação empregado no cultivo de girassol (Figura 5). As plantas suplementadas *Neptunia* 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> promoveram uma considerável mitigação dos efeitos da seca no desenvolvimento do girassol, quando comparado aos demais tratamentos.

**Figura 13:** Índice relativo de tolerância ao estresse de plantas de girassol aos 33 dias após a semeadura (DAS), contendo apenas areia (controle), NPK (80 kg N.ha<sup>-1</sup>), *Neptunia* (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) e resíduo orgânico misto de macrófita – ROMM (160 kg N.ha<sup>-1</sup>) nas condições irrigada (colunas brancas) e sob déficit hídrico (colunas cinzas) (6 dias de suspensão de irrigação). As letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para cada variável foi realizada uma análise estatística independente.



Fonte: Autores, 2024.

## CONCLUSÕES

Os dados evidenciaram que o déficit hídrico provocou limitações severas ao crescimento de plantas de girassol. Além disso, o desempenho das plantas foi diferencial, dependendo do tipo de adubação aplicada no cultivo de girassol. Nesse sentido, a suplementação com a macrófita auxiliou no crescimento das plantas em condições de plena irrigação, bem como teve potencial atenuador dos efeitos do estresse hídrico. O tratamento *Neptunia* 160 kg de N.ha<sup>-1</sup> foi superior ao NPK (80 kg de N.ha<sup>-1</sup>) nas variáveis altura de planta, número de folhas, teores relativos de clorofila e massa fresca da raiz, o que foi associado com um melhor índice de tolerância relativa à seca.

Mais estudos são necessários para verificar os mecanismos de resposta ao estresse induzidos pela aplicação de macrófitas como adubação alternativa em plantas de girassol, como também para validação do potencial desta estratégia em condições de campo e como substituição parcial na aplicação de fertilizantes químicos.



## REFERÊNCIAS

- ADELEKE, B. S.; BABALOLA, O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. **Food Science & Nutrition**, vol. 8, n. 9, p. 4666- 4684, 2020.
- ADERALDO, F. Í. C.; DE ABREU LIMA, T.; DE SOUSA, E. D. N.; BARBOSA, R. M.; DOS SANTOS ABREU, V.; PRADO, L. P.; MARINHO, S. O. P.; GONDIM, F. A. Escama de tilápia como fertilizante estimula o sistema enzimático antioxidativo e reduz os efeitos do estresse hídrico em plantas de girassol. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 17, n. 53, p. e1318-e1318, 2024.
- AMARAL, Alisson Macendo et al. Respostas fisiológicas do girassol em fase reprodutiva ao estresse hídrico e salino. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e97101220199-e97101220199, 2021.
- BARBOSA, R. M.; DE SOUSA, E. D. N.; ADERALDO, F. Í. C.; DE ABREU LIMA, T.; DOS SANTOS ABREU, V.; PRADO, L. P.; MARINHO, S. O. P.; GONDIM, F. A. Potencial uso de macrófitas oriundas da Lagoa da Precabura, Fortaleza, Ceará na adubação de plantas de girassol (*Helianthus annuus*). **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. e3628-e3628, 2024.
- BARBOSA, R. M.; DA SILVA C. F. R.; MARTINS, K.; OVÍDIO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Avaliações de crescimento em plântulas de girassol suplementadas com resíduo orgânico de macrófita e submetidas a estresse salino. **Semana de Iniciação Científica (SEMIC)**. 2018.
- BATISTA, P. F.; MÜLLER, C.; MERCHANT, A.; FUENTES, D.; SILVA-FILHO, R. D. O.; DA SILVA, F. B.; COSTA, A. C. Biochemical and physiological impacts of zinc sulphate, potassium phosphite and hydrogen sulphide in mitigating stress conditions in soybean. **Physiologia plantarum**, v. 168, n. 2, p. 456-472, 2020.
- BLUM, A., JORDAN, W. R. Breeding crop varieties for stress environments. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 2, p. 199–238, 1985.
- BRITO, P. O. B.; DE SOUSA FERREIRA, G.; DE SOUZA, J. N.; ADERALDO, F. Í. C.; SENA, L. M.; GONDIM, F. A. Plântulas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 17, n. 1, p. 60-65, 2022.
- COSTA, F. R.S.; MOURA, L. F., ALBUQUERQUE, L.B.; LIMA, T. L. A.; BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Crescimento e atividade enzimática de plântulas de girassol sob estresse hídrico cultivadas com resíduo industrial em diferentes granulometrias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 358-365, 2021.
- CRUZ, N. T., PORTO, E. M. V., RAMOS, B. L. P., SANTOS, H. P., SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P.S. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural, Bagé-RS**, v. 25, n. 1, 2023.
- DE OLIVEIRA, L. R.; MARQUES, A. R. B.; DA SILVA, D.; SIDIÃO, W. B. Growth of *Eucalyptus urocam* under different irrigation managements. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, p. 92-99, 2019.
- DONG, H.; FENG, Z.; YANG, Y.; LI, P.; YOU, Z. Sustainability assessment of critical natural capital: a case study of water resources in Qinghai Province. China. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, p. 125532, 2021.

HAROON, A.M. Factors affecting community structure, distribution pattern and chemical composition of aquatic macrophytes in El-Rayah El-Nasery and El-Noubaria Canal of Nile River, Egypt. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 46, n. 3, p. 235-244, 2020.

LUCENA, R. L.; FERRER, E.; GUILHERMINO, M. M. Mitigando os riscos da seca através de ações de recuperação e preservação do bioma caatinga no semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36546-36557, 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. D. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**, v. 2, p. 115-230, 1997.

MILA, A. J.; ALI, M. H.; AKANDA, A. R.; RASHID, M. H. O.; RAHMAN, M. A. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic return of sunflower. **Cogent Food & Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1287619, 2017.

MOREIRA, L. M.; MOURA, L. F.; DE ALMEIDA, F. B. B.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A. Efeitos de diferentes concentrações de resíduo industrial de suplemento mineral para animal sobre o crescimento de plantas de girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 1, 2019.

NIU, X., SONG, L., XIAO, Y., & GE, W. Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 2580, 2017.

NUNES, 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 percolato de aterro sanitário e submetidas a estresse hídrico. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 71-86, 2016.

PAULA, P. R. P.; JÚNIOR, A. P. N.; DE SOUZA, W. L.; DE ABREU, M. J. I.; TEIXEIRA, R. M. A.; CAPPELLE, E. R.; TAVARES, V. B. Chemical composition of BRS Capiçaçu elephant grass silage with cornmeal inclusion. *Pubvet*, v.14, p.148, 2020.

POMPEO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros. **Instituto de Biociências (USP)**, vol. 1, ed.1, p. 70 -83, 2017.

POVEDA, J. O uso de macrófitas de água doce como recurso na agricultura sustentável. **Revista Produção Mais Limpa**, v. 369, p. 133247, 2022.

SILVA, M. C. D. (2019). **Serviços ecossistêmicos da Lagoa da Precabura (Estado do Ceará)**. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. Universidade Federal do Ceará – UFC.

SOUZA, J. N., DE BRITO, P. O. B., DE SOUSA FERREIRA, G., DE ARRUDA, J. F., MATIAS, L. Q., & GONDIM, F. A. Suplementação com *Salvinia auriculata* reduz os efeitos deletérios do estresse hídrico em plântulas de girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 2, p. 145-152, 2021.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da pesquisa realizada, constatou-se a viabilidade no uso das ferramentas de sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas ocupadas por macrófitas aquáticas e ainda o uso dessas espécies como suplemento orgânico para nutrição e crescimento de plantas de girassol sob condições de estresse hídrico.

No primeiro experimento foi conduzido um estudo das macrófitas presentes na Lagoa da Precabura – Ce, através das análises de imagens do satélite Landsat 8 por sensoriamento remoto, e ainda, através de uma metodologia de coleta manual em dez pontos estratégicos. Com os dados das espécies, foi possível avaliar seus nutrientes e desenvolver o Resíduo Orgânico Misto de Macrófitas (ROMM), composto pelas quatro espécies encontradas e identificadas. Após os cálculos aplicados, para o mês junho de 2022 a lagoa apresentou produção de biomassa por metro quadrado de área de 0,030 kg.N.ROMM/m<sup>2</sup>, o que representa um total de 4.409,00 kg de Nitrogênio em ROMM quando comparado a área de estudo, resultado positivo e importante para propor soluções ao crescimento desordenado dessas espécies.

O segundo experimento foi feito em casa de vegetação, onde foi conduzida uma análise comparativa entre as diferentes concentrações de ROMM e ainda de duas espécies separadas, *Pistia stratiotes* e *Neptunia oleracea* para o cultivo de girassol, adotando como base a recomendação da EMBRAPA para a cultura de 80kg de N.ha<sup>-1</sup> e o dobro (160 kg.N.ha<sup>-1</sup>). Nas condições experimentais empregadas, a utilização de macrófitas ocasionou incremento no crescimento vegetal. Com os dados deste estudo, foi possível concluir que a dosagem ideal de *Neptunia* e de ROMM, de acordo com as condições experimentais empregadas, foi de 160 Kg.N.ha<sup>-1</sup> para vasos de 5 litros.

Mediante a localização da região no semiárido brasileiro, surgiu a lacuna de analisar se o composto de macrófitas também traria resultados positivos no cultivo de girassol sob condições de estresse hídrico. O terceiro experimento avaliou essa temática e constatou que a suplementação com *Neptunia* a 160kg de N.ha<sup>-1</sup> minimizou os efeitos deletérios do estresse hídrico e ainda proporcionou incrementos nas variáveis de crescimento das plantas de girassol, além de um melhor índice de tolerância à seca.


A fácil e rápida aplicação, baixo custo e eficácia destacam as macrófitas como um fertilizante recomendado. Além disso, ressalta-se a possibilidade de reaproveitamento do resíduo, contribuindo para a mitigação de impactos ambientais e sociais.

Diante do exposto, destaca-se que toda pesquisa pode ser complementada e ainda continuada, com objetivo de suprir as temáticas correlatas não contempladas no presente trabalho, assim, apontam-se alguns ensejos:

- I. A ampliação da utilização do sensoriamento remoto a fim de mapear demais períodos de tempo, sejam eles sazonais, mensais ou ainda anuais, de modo a identificar o comportamento das espécies de macrófitas na lagoa e região do entorno. Essa pesquisa pode ser agregada ao levantamento quantitativo de macrófitas geradas tanto no período seco quanto chuvoso, de forma a melhor justificar a importância da reutilização, da destinação e disposição ambientalmente adequada desses resíduos.
- II. Aprofundar a investigação acerca dos efeitos fisiológicos e bioquímicos em plantas oleaginosas em virtude da bioacumulação de metais pesados, característico das macrófitas, aprimorando os estudos sobre a tolerância de outras culturas aos estresses abióticos (hídrico e salino). Sugere-se ainda a produção de compostos que unam uma proporção de adubos comerciais misturado com macrófitas, visando a redução de custos e maximização do crescimento associado a uma preocupação ambiental.

## ANEXOS

## Anexo 1: Comprovante de submissão do artigo 3 na Revista Delos.

Rifandreo Monteiro Barbosa <rifandreo@gmail.com>

---

**[delos] Agradecimento pela submissão**  
1 mensagem

---

**Revista DELOS** <ojs@revistadelos.com>

6 de janeiro de 2025 às 12:37

Para: Rifandreo Monteiro Barbosa <rifandreo@gmail.com>, Elias do Nascimento de Sousa Filho <elias.nascimento.sousa08@aluno.ifce.edu.br>, Leticia Pinheiro Prado <leticia.pinheiro09@aluno.ifce.edu.br>, Vivian dos Santos Abreu <vivian.abreu06@aluno.ifce.edu.br>, Stelamaris de Oliveira Paula Marinho <stelamarisop@live.com>, Roberto Albuquerque Pontes Filho <roberto@ifce.edu.br>, Pedro Henrique Augusto Medeiros <phamedeiros@ifce.edu.br>

Olá,

FRANKLIN ARAGÃO GONDIM submeteu o manuscrito, "Uso do sensoriamento remoto na avaliação da capacidade de produção de biomassa em macrófitas presentes na Lagoa da Precabura - Ce " ao periódico REVISTA DELOS.

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Editorial Team

**Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible**  
São José dos Pinhais, Paraná, Brasil  
[contato@revistadelos.com](mailto:contato@revistadelos.com)  
WhatsApp: +55 (41) 99671-2565

**Anexo 2:** Capa da publicação do artigo 2 na Revista *Observatório de la Economía Latinoamericana*, Curitiba, v.12, n.3, p. 01-20. 2024.



**REVISTA  
OBSERVATORIO  
DE LA ECONOMÍA  
LATINOAMERICANA**

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA  
Curitiba, v.22, n.3, p. 01-20. 2024.  
ISSN: 1696-8352

**Potencial uso de macrófitas oriundas da Lagoa da Precabura, Fortaleza, Ceará na adubação de plantas de girassol (*Helianthus annuus*)**

**Potential use of macrophytes from Precabura Lagoon, Fortaleza, Ceará in fertilizing sunflower plants (*Helianthus annuus*)**

**Uso potencial de macrófitos de Lagoa da Precabura, Fortaleza, Ceará en la fertilización de plantas de girasol (*Helianthus annuus*)**

DOI: 10.55905/oclv22n3-046  
Originals received: 01/16/2024  
Acceptance for publication: 02/23/2024

**Rifandreo Monteiro Barbosa**  
Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Endereço: Av. Parque Central, 1315, Distrito Industrial I, Maracanaú - CE,  
CEP: 61939-140  
E-mail: rifandreo@gmail.com

**Elias do Nascimento de Sousa**  
Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Endereço: Av. Parque Central, 1315, Distrito Industrial I, Maracanaú - CE,  
CEP: 61939-140  
E-mail: elias.nascimento.sousa08@aluno.ifce.edu.br

**Francisco Ícaro Carvalho Aderaldo**  
Mestre em Energias Renováveis  
Instituição: Universidade de São Paulo  
Endereço: Av. Trab. São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt, São Carlos - SP,  
CEP: 13566-590  
E-mail: icaroaderaldo16@gmail.com

**Tiago de Abreu Lima**  
Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Endereço: Av. Parque Central, 1315, Distrito Industrial I, Maracanaú - CE,  
CEP: 61939-140  
E-mail: tiago.abrlm@gmail.com

Page 1

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.3, p. 01-20. 2024.

**Anexo 3:** Comprovante de submissão do artigo 3 na Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA.

12/04/2024, 14:33 Yahoo Mail - [RAMA] Agradecimento pela Submissão

---

[RAMA] Agradecimento pela Submissão

---

De: RAMA (naep@unicesumar.edu.br)  
Para: aragaofg@yahoo.com.br  
Data: sexta-feira, 12 de abril de 2024 às 14:31 BRT

---

FRANKLIN ARAGÃO GONDIM,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "CRESCIMENTO INICIAL DE GIRASSOL SOB DÉFICIT HÍDRICO SUPLEMENTADO COM MACRÓFITAS RETIRADAS DA LAGOA DA PRECABURA – CE" para Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/authorDashboard/submission/12692>  
Login: aragaofg

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

RAMA  
Profa. Dra. Cláudia Tomasella Editora-Chefe Revista em Agronegócio e Meio Ambiente  
<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/index>

about:blank 1/1