



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ.**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS.

FRANCISCO ÍCARO CARVALHO ADERALDO

**UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS de *Oreochromis niloticus* COMO
BIOFERTILIZANTE ORGÂNICO PARA O CULTIVO DE *Helianthus annuus* L.
SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO.**

Maracanaú, Ceará

- 2024 -

FRANCISCO ÍCARO CARVALHO ADERALDO

**UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS de *Oreochromis niloticus* COMO
BIOFERTILIZANTE ORGÂNICO PARA O CULTIVO DE *Helianthus annuus* L.
SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO.**

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

ORIENTADOR:

PROF. DR. FRANKLIN ARAGÃO GONDIM

COORIENTADORA:

DR^a. 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)

ADERALDO, FRANCISCO ÍCARO CARVALHO.

UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS de *Oreochromis niloticus* COMO BIOFERTILIZANTE
ORGÂNICO PARA O CULTIVO DE *Helianthus annuus* L. SUBMETIDO AO ESTRESSE
HÍDRICO. / FRANCISCO ÍCARO CARVALHO ADERALDO. - 2024.

106 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Energias Renováveis,
Campus Maracanaú, 2024.

Orientação: Prof. Dr. FRANKLIN ARAGÃO GONDIM.

Coorientação: Profa. Dra. STELAMARIS DE OLIVEIRA PAULA MARINHO.

1. Tilápia. 2. Resíduos. 3. Girassol. 4. Fertilizante. 5. Biodiesel.. I. Título.

CDD 620.91

FRANCISCO ÍCARO CARVALHO ADERALDO

UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS de *Oreochromis niloticus* COMO
BIOFERTILIZANTE ORGÂNICO PARA O CULTIVO DE *Helianthus annuus* L.
SUBMETIDO AO 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 obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis, área de concentração Energias Renováveis.

Aprovada em 05/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim (Orientador)

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

Dra. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho (Coorientadora)

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

Prof. Dr. Roberto Albuquerque Pontes Filho

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

Prof. Dr. João Carlos da Costa Assunção

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

Dedico esse trabalho,
ao meu pai Francisco Rômero Aderaldo Vidal,
à minha mãe, Adriana Carvalho Aderaldo Vidal,
ao meu irmão, Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo,
e à minha namorada, Paloma Silveira de Araújo Freire,
com muito amor e admiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Maria, pois permitiram que tudo isso acontecesse ao longo da minha vida. Agradeço pela saúde, discernimento e força para superar as dificuldades. Eu creio no Deus do impossível!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que foi instrumental para a realização deste mestrado. Além disso, agradeço o suporte financeiro destinado às pesquisas conduzidas no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal.

Ao Professor Franklin Aragão Gondim pela orientação excepcional, pela amizade constante, pela confiança depositada em minha jornada acadêmica e pelo incansável incentivo à minha formação. Sua dedicação ultrapassou os limites da sala de aula, transformando-o não apenas em um professor e mestre exemplar, mas em um amigo verdadeiro, cuja influência positiva levarei para toda a vida. Agradeço por ser uma fonte inesgotável de inspiração e por desempenhar um papel fundamental em minha trajetória educacional e pessoal.

A meus pais, Francisco Rômero Aderaldo Vidal e Adriana Carvalho Aderaldo Vidal, que apesar de todas as dificuldades, nunca deixaram faltar nada em minha vida. Agradeço por darem asas ao "Sonho de Ícaro", mesmo nos momentos em que eu mesmo duvidava da possibilidade de voar. Serei eternamente grato por todo apoio e amor.

Ao meu irmão, Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo, por ser meu exemplo de vida, meu melhor amigo, meu porto seguro e parceiro em todas as situações. Agradeço também por desempenhar o papel de revisor e crítico pessoal. Sua presença me proporciona tranquilidade e, acima de tudo, a compreensão de que o futuro é construído com dedicação constante no presente.

À minha companheira Paloma Silveira de Araújo Freire, por acreditar e idealizar todos os meus projetos de vida. Sua presença constante foi fundamental,

fortalecendo-me e contribuindo para que eu me tornasse uma pessoa melhor. Agradeço por compartilhar esta jornada comigo.

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 professores e funcionários do Instituto Federal do Ceará - *Campus* Maracanaú pelo apoio vital em minha formação científica. Sua ajuda e comprometimento foram fundamentais para meu crescimento acadêmico, sendo essenciais para minha formação científica.

Aos componentes da banca Dr^a. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho, Dr. Roberto Albuquerque Pontes Filho e Dr. João Carlos da Costa Assunção, pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

RESUMO

ADERALDO, F. Í. C. **Utilização de escamas de *Oreochromis niloticus* como biofertilizante orgânico para o cultivo de *Helianthus annuus* L. submetido ao estresse hídrico.** Orientador: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. (Dissertação). Coorientadora: Stelamaris de Oliveira Paula Marinho, 2024.

A piscicultura, liderada pela produção de tilápia, gera um aumento significativo de resíduos sólidos, destacando-se as escamas de tilápia, que representam cerca de 4% desses resíduos. Reutilizar essas escamas de forma sustentável, como fertilizante orgânico, é crucial para promover práticas sustentáveis na piscicultura. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização das escamas de tilápia (EDT) como fertilizante orgânico em substratos para o cultivo de girassol, além de avaliar os efeitos da EDT em plantas de girassol submetidas ao déficit hídrico. Foram realizados dois experimentos independentes, ambos conduzidos em uma casa de vegetação do IFCE - *Campus* Maracanaú, utilizando sementes fornecidas pela Embrapa Soja, cultivar BRS 323. Os resultados indicam que a aplicação de EDT, especialmente na concentração de 120 Kg de N ha⁻¹, promoveu aumentos significativos nas variáveis de crescimento analisadas. Além disso, a escama de tilápia mostrou-se eficaz em atenuar os efeitos do déficit hídrico no crescimento das plantas de girassol. Conclui-se que a concentração ideal de EDT é de 120 Kg de N ha⁻¹, evidenciando seu potencial como fertilizante e seu papel na mitigação dos efeitos negativos do déficit hídrico.

Palavras-Chave: Tilápia, resíduos, girassol, fertilizante, biodiesel.

ABSTRACT

ADERALDO, F. Í. C. **Use of *Oreochromis niloticus* scales as organic biofertilizer for the cultivation of *Helianthus annuus* L. subjected to drought stress.** Advisor: Franklin Aragão Gondim. Maracanaú: IFCE. (Msc. Dissertation). Co-Advisor: Stelamaris de Oliveira Paula Marinho, 2024.

Fish farming, led by tilapia production, generates a significant increase in solid waste, with tilapia scales standing out, representing about 4% of this waste. Reusing these scales sustainably as organic fertilizer is crucial to promote sustainable practices in fish farming. This study aims to analyze the feasibility of using tilapia scales (EDT) as organic fertilizer in substrates for sunflower cultivation, and to evaluate the effects of EDT on sunflower plants subjected to water deficit. Two independent experiments were conducted in a greenhouse at IFCE - Campus Maracanaú, using seeds provided by Embrapa Soybean, cultivar BRS 323. The results indicate that the application of EDT, especially at a concentration of 120 Kg of N ha⁻¹, promoted significant increases in the analyzed growth variables. Additionally, tilapia scales were effective in attenuating the effects of water deficit on sunflower plant growth. It is concluded that the ideal concentration of EDT is 120 Kg of N ha⁻¹, highlighting its potential as a fertilizer and its role in mitigating the negative effects of water deficit.

Keywords: Tilapia, waste, sunflower, fertilizer, biodiesel

LISTA DE FIGURAS

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1 - Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol

Figura 1: Plantas de *Helianthus annuus* L. aos 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹.....51

Figura 2: Percentual de germinação de *Helianthus annuus* L. aos 7 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. As colunas representam os valores das médias de cinco repetições. Valores seguidos por letras distintas representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....52

Figura 3: Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de *Helianthus annuus* L. aos 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. Os valores representam a médias de cinco repetições. As letras distintas representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....56

EXPERIMENTO II

ARTIGO 2 - Escama de tilápia como fertilizante estimula o sistema enzimático antioxidativo e reduz os efeitos do estresse hídrico em plantas de girassol.

Figura 1. Plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura em substratos contendo: (1) 100% de areia; (2) Areia + Adubo a 80 kg de N ha⁻¹; (3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; (4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; (5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; (6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹, sob condições controle (A) e de estresse hídrico (8 dias de suspensão de irrigação) (B).....71

Figura 2. Altura (A), número de folhas (B) e diâmetro do caule (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....73

Figura 3. Teores relativos de clorofila (A) e área foliar (B) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....74

Figura 4. Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos

diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....77

Figura 5. Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (estresse hídrico). 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 ($P \leq 0,05$).....80

Figura 6. Atividade das enzimas peroxidase do ascorbato - APX (A), peroxidase do guaiacol - GPX (B) e superóxido dismutase - SOD (C) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (estresse hídrico). 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 ($P \leq 0,05$).....82

ARTIGO 3 - Escama de tilápia como fertilizante aumenta os teores de solutos orgânicos e diminui os efeitos deletérios do estresse hídrico em plantas de girassol.

Figura 1: Percentual de germinação de plantas de girassol aos 15 DAS em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹ irrigados diariamente.....93

Figura 2. Matéria fresca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes

concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (estresse hídrico). 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 ($P \leq 0,05$).....95

Figura 3. Carboidratos solúveis (A), proteínas solúveis (B) e prolina (C) em folhas de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (estresse hídrico). 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 ($P \leq 0,05$).....97

Figura 4. Prolina (A), carboidratos solúveis (B) e proteínas solúveis (C) em raízes de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....99

LISTA DE TABELAS

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1 - Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol

Tabela 1: Altura, Diâmetro, Número de Folhas e teores relativos de Clorofila de *Helianthus annuus* L. aos 15 e 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. Os valores representam a médias de cinco repetições. As letras distintas em uma mesma coluna representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....53

EXPERIMENTO II

ARTIGO 2 - Escama de tilápia como fertilizante estimula o sistema enzimático antioxidativo e reduz os efeitos do estresse hídrico em plantas de girassol.

Tabela 1. Análise química de uma amostra do resíduo de escama de tilápia utilizados na composição dos substratos para o cultivo de plantas de girassol.....69

ANEXOS

Imagem 1: Publicação do Artigo 1.....104

Imagem 2: Comprovante de submissão do artigo 2.....105

Imagem 3: Comprovante de submissão do artigo 3.....106

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 RESÍDUO DO PESCADO.....	19
2.2 BIOCOMBUSTÍVEL.....	21
2.3 <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.	23
2.4 DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS.....	25
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
4. OBJETIVOS.....	41
4.1 OBJETIVO GERAL.....	41
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	42
5. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL	42
EXPERIMENTO I	44
ARTIGO 1	44
EXPERIMENTO II	65
ARTIGO 2	65
EXPERIMENTO II	87
ARTIGO 3	87
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
7. ANEXOS	104

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma modalidade da aquicultura caracterizada pela produção de peixes e outros organismos aquáticos (Garutti, 2003). Essa prática tem movimentado importante parcela da economia brasileira e representa a atividade de produção animal que mais cresce nos últimos anos (FAO; UNICEF, 2020).

Dentre as espécies aquáticas comercializada no Brasil, a *Oreochromis niloticus* L., comumente conhecida como tilápia é a que se encontra em maior proporção, liderando a produção de carne de peixe (Carmo, 2020). No ano de 2022, a receita de exportação de pescado no Brasil chegou a 23,8 milhões de dólares, destacando-se a tilápia que alcançou um total de 23,2 milhões de dólares (Ximenes; Vidal, 2023).

O Brasil é o quarto maior produtor de tilápia do mundo, sendo que mais de 50% da piscicultura brasileira se deve à produção da tilápia (Peixe BR, 2023). O ingresso de espécimes de tilápia no Brasil ocorreu em 1971 na Estação de Piscicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em Pentecoste no Estado do Ceará, procedente da Costa do Marfim, África (Schulter; Vieira Filho, 2017). Atualmente, a produção de tilápia é intensificada em vários estados brasileiros, chegando a uma produção de mais de 534 mil toneladas de tilápia no ano de 2021 (Peixe BR, 2023).

Assim como em várias atividades produtivas, o expressivo crescimento no consumo de tilápia apresenta, conseqüentemente, aumento na geração de resíduos sólidos (Coppola *et al.*, 2021). Segundo Teodoro *et al.* (2019), a perda de material após a pesca do peixe é cerca de 30% da apanha, ou seja, cerca de 70% do peso do peixe torna-se material residual. Esse processo ainda é mais intensificado quando ocorre o processamento industrial do pescado, onde estima-se que aproximadamente 80% do pescado é perdido, elevando consideravelmente a concentração de resíduos (Ramos, 2022).

Dentre os resíduos gerados na produção de peixe, como a tilápia, as escamas ganham destaque pois tornam-se um dos materiais residuais mais produzidos durante o manejo, correspondendo a aproximadamente 4% do resíduo seco produzido (Ghaly *et al.*, 2013). Em termos de resíduos da produção

de carne do peixe, cerca de 1% da massa se deve às escamas (Caldato; Da Silva; Zatta, 2019). Em atividades cotidianas pesqueiras, o descarte incorreto de escamas é bastante corriqueiro, sendo normalmente depositadas em lixeiras comuns sem nenhum tratamento prévio (Santos *et al.*, 2009); diretamente em corpos hídricos (Stevanato, 2006); ou até mesmo destinadas ao oceano, quando trata-se do processamento de peixes marinhos (Ghaly *et al.*, 2013).

Quando destinados de forma incorreta, os resíduos sólidos gerados a partir da produção e processamento de peixes podem ocasionar grandes problemas ambientais (Cadavid-Rodríguez; Vargas-Muñoz; Plácido, 2019). Dentre os maiores danos ao meio ambiente, recebe notoriedade a contaminação pedológica e a poluição dos corpos hídricos, o que acaba influenciando diretamente no ambiente natural, sustentável e harmônico da fauna e flora e nas atividades sociais econômicas da população (Decker *et al.*, 2019; De Medeiros *et al.*, 2019).

Desta forma, buscar técnicas viáveis para reutilização das escamas de tilápia, que favoreçam o aproveitamento do material residual do peixe e que promovam práticas sustentáveis na piscicultura são extremamente necessárias. Uma das possíveis formas para reutilização sustentável deste material, é a partir da produção de fertilizantes orgânicos, visto que os resíduos como as escamas de peixe apresentam considerável valor nutricional para plantas (Ribeiro; Paula; Castro, 2020). Como por exemplo a presença de elementos minerais em elevadas concentrações que são essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, como Nitrogênio (N) (Nascimento *et al.*, 2018), Fósforo (P) (Teodoro *et al.*, 2019) e Potássio (K) (Páschoa, 2022).

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. Está oleaginosa dispõe de grande potencial para produção de biocombustíveis como o biodiesel (Marinho, 2022), destacando-se como uma das culturas mais empregadas para a produção de biocombustíveis no mundo (Garcia, 2022). Estima-se que cerca de 65% da produção de girassol mundial está concentrada na Europa, em países como Ucrânia e Rússia (Pires, 2022). Entretanto, outros

países também são importantes na produção do vegetal, como os Estados Unidos, a Argentina e a China (Pilorgé, 2020).

Além disso, o girassol mostra-se como uma alternativa de rotação de cultura, considerando-se como uma espécie de entressafra por possuir uma ótima capacidade aclimatativa à vários ambientes diferentes, podendo ser plantada em todas as épocas do ano na maioria das regiões do mundo, com ótima resistência às condições adversas de clima e solo (Soares *et al.*, 2008; Campos; Chaves; Guerra, 2015).

Assim, a incorporação de escamas de tilápia pode também aprimorar a adaptação das plantas às condições desfavoráveis, como o déficit hídrico, que figura entre os principais elementos causadores de perdas na produção (Santos, 2020; Melo *et al.*, 2022). Portanto, esse subproduto tem o potencial de favorecer a aclimação das culturas em áreas degradadas, consequentemente reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Olias *et al.*, 2023), o que resulta em benefícios tanto ambientais quanto econômicos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização de escamas de tilápia (EDT) como fertilizante orgânico na composição de substratos para o cultivo de plantas de girassol. Adicionalmente, verificar os efeitos da EDT em plantas de girassol submetida ao déficit hídrico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduo do Pescado

Os resíduos sólidos são definidos, segundo a ABNT NBR 10.004 (2004), como todo material descartado resultante das atividades humanas, por exemplo, provindos da indústria, das residências, dos hospitais, do comércio e dos sistemas de produção agrícola e animal. Ainda de acordo com sua classificação, os resíduos sólidos podem ser divididos em duas classes: classe I e classe II. Os resíduos da classe I são considerados materiais perigosos e que apresentam características físicas, químicas ou infectocontagiosas que podem gerar prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos da classe II são caracterizados materiais não perigosos e podem ser divididos em: substâncias

com solubilidade em água e passíveis de biodegradação ou componentes não inertes, insolúveis no substrato em que esteja presente (ABNT 10.004, 2004).

Normalmente, os resíduos sólidos classe II são os que apresentam maiores atributos para introdução de tecnologias de reaproveitamento nas agroindústrias. Por consequência, podem apresentar alta capacidade de valorização desde que inseridos em processos adequados de reutilização sustentável. Um exemplo prático de um entreposto de beneficiamento de pescado, são as escamas, pele e carcaças ou espinhaços gerados no manejo dos peixes (Ferreira; Braga, 2019).

Arruda e Oetterer (2005), projetaram a classificação dos resíduos da piscicultura, ordenados em quatro categorias distintas, que foram: alimentos para o consumo humano, ração para animais, fertilizantes e produtos químicos. Outro tipo de classificação foi realizado por Pittigliani (2014), em que descreve que para os resíduos sólidos da indústria pesqueira existem apenas dois grupos segregados que são definidos como materiais adequados ou não adequados para produção de subprodutos utilizados na alimentação humana. As vísceras, escamas e o esqueleto, inclusive a cabeça é definida por exemplo como resíduos utilizados para o consumo animal. Já a carcaça com carne aderida e as aparas durante o recorte dos filés, são classificadas como resíduos destinados para a alimentação humana, como por exemplo produção de empanados e embutidos (Alda, 2018).

De acordo com o Anuário Brasileiro de Pesca e Aquicultura a produção de pescado em 2022 foi de 800 mil toneladas, e cerca de 60% desse valor é referente a produção da espécie tilápia (Peixe BR, 2023). Estima-se que até o ano de 2042 o Brasil será o maior produtor mundial de peixes de cultivo (Altemio *et al.*, 2023). No entanto, apesar de ser de grande importância econômica e social, um dos principais problemas ambientais advindos da atividade pesqueira é a geração de resíduos (Cadavid-Rodríguez; Vargas-Muñoz; Plácido, 2019).

A cultura do aproveitamento dos resíduos de peixe ainda é pouco difundida em várias regiões do Brasil (Dos Santos, 2023). Partes como, cabeças, escamas, peles, vísceras e carcaças são descartadas muitas vezes de forma incorreta durante o processamento. No caso do pescado eviscerado, cerca de 30% do peixe torna-se material residual (Toppe *et al.*, 2018). Esse índice é mais

intensificado na execução do processo de filetagem, quando o rendimento final do pescado diminui e cerca de 70% do peixe tornando-se resíduo (Teodoro *et al.*, 2019).

Essa grande quantidade de matéria orgânica descartada deve ser gerida de forma sustentável, a fim de não ocasionar impactos ambientais negativos. Stori *et al.* (2002) realizaram um levantamento apontando que 68% do rejeito do beneficiamento de peixe é destinado às indústrias de farinha de pescado, 23% ao aterro sanitário e 9% é depositado diretamente nos rios, acarretando grandes prejuízos ao meio ambiente (De Medeiros *et al.*, 2019). Dessa forma, buscar novas tecnologias que possibilitem o reaproveitamento desse material de forma sustentável é uma alternativa bastante necessária para a piscicultura.

As escamas de peixe apresentam-se como excelente material a serem reutilizados para produção de um fertilizante orgânico para o cultivo de plantas. Este fator ocorre por possuírem elementos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais, como nitrogênio, fósforo e potássio - NPK (Nascimento *et al.*, 2018; Teodoro *et al.*, 2019; Páschoa, 2022).

Além disso, existe uma grande produção, com elevada quantidade de escamas durante todo o processo do beneficiamento do pescado. Em comparação, observa-se que anualmente são descartados entre 18 e 30 milhões de toneladas de resíduos do pescado e que aproximadamente 4% desse resíduo são referentes as escamas de peixes (Da Silva *et al.*, 2023).

2.2 Biocombustível

Os danos ambientais causados pela produção de energia não renovável, provinda por exemplo dos combustíveis fósseis geram preocupações em todo o mundo (Miranda; Oliveira; Ramalho, 2022). Impactos como o aquecimento global decorrente de emissões atmosféricas, acarretam consequências durante toda a cadeia da sociedade, percorrendo por muitos anos (Ahmed; Khalid, 2019).

Nesse contexto, por serem renováveis, biodegradáveis, possuírem baixo teor de enxofre e compostos aromáticos, os biocombustíveis surgem como uma excelente opção para a produção de energia limpa e sustentável (Vidal, 2019). Além disso, contribuem para uma significativa redução dos níveis de poluição

ambiental causados com a emissão de gases estufa, desmatamento, chuva ácida e outros (CAO *et al.*, 2019).

Os biocombustíveis são produzidos a partir de fontes renováveis, podendo ser classificados em diferentes categorias conhecidas como de primeira, segunda ou terceira geração, dependendo da matéria-prima e tecnologia utilizada na conversão (Guedes; Santos; Dos Santos, 2021). Do ponto de vista energético, a biomassa apresenta-se como a alternativa mais promissora para geração de biocombustíveis, apresentando características bastante sustentáveis, como o baixo nível de emissões de CO², podendo substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural (ANP, 2020).

Dentre os combustíveis fósseis, o diesel é o principal derivado do petróleo consumido no setor de transportes (Possa, 2021) e representada 45% da energia consumida pelo setor no Brasil em 2021 (EPE, 2022) e ainda sendo o segundo maior emissor de gases de efeito estufa (Rodrigues; Féres, 2021). Com investimentos destinados a produção de biocombustíveis, o biodiesel vem se destacando como principal substituto ao óleo diesel, visando principalmente o potencial redutor dos impactos ambientais (Leite, 2022).

No Brasil o biodiesel foi implementado em 2004, através do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB), onde tinha-se como principal objetivo aumentar a produção e uso do biodiesel de forma sustentável, com inclusão social e substituição ao diesel (Siqueira *et al.*, 2019). No ano seguinte em 2005, o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira, onde fixou para todo um território nacional o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao diesel de 2% (Barroso; Simioni, 2020), e neste ano de 2023, o biodiesel conta com um percentual mínimo no diesel de 12% (Santos, 2023).

O tipo de matéria-prima utilizada para geração do biodiesel é uma questão bastante discutida para produção do combustível. Por questão de viabilidade é fundamental que se possa ter matérias-primas com um baixo custo, visto que correspondem a aproximadamente 75% do valor total para a produção do biodiesel (Mahlia *et al.*, 2020). Além disso, os óleos utilizados para a geração devem cumprir alguns requisitos, como, por exemplo a viscosidade que deve ser próxima da viscosidade cinemática do diesel convencional (Ocanha; Pinto; Zanette, 2022).

O biodiesel é comumente obtido através da produção de ésteres metílicos de ácidos graxos, conhecidos como biodiesel, a partir da transesterificação de óleos ou gorduras, que é conduzida utilizando metanol e uma base forte, frequentemente KOH. (Conceição, 2022). Este processo resulta na formação de uma mistura composta por biodiesel e glicerina. (Hiromitsu, 2022).

Atualmente, o biodiesel mais utilizado nos processos em geral, são os de primeira geração, que são aqueles produzidos por fontes alimentícias e óleos comestíveis, como os óleos de girassol, óleo de soja, óleo de palma, óleo de semente de algodão (Duarte *et al.*, 2022).

A processo de extração de óleos consiste na separação de triglicerídeos de oleaginosas (Souza; Cerqueira; Cardoso, 2022) Para isso, existem diversas técnicas mecânicas e químicas que são utilizadas dependendo do custo, rendimento e grau de pureza que cada método oferece (Baskar *et al.*, 2019).

2.3 *Helianthus annuus* L.

O significado do nome *Helianthus annuus* L. é derivado do grego helios, que significa sol, e de anthus, que significa flor (Seiler, 1997). Ou seja, a flor do sol, sendo, portanto, uma importante característica da espécie girar sua inflorescência seguindo o movimento do sol, por isso que é popularmente conhecida como girassol.

O vegetal é uma dicotiledônea anual, da ordem Asterales, e da família Asteraceae, que é a maior família das Angiospermas (Joly, 1993). A fecundação do girassol é realizada de forma cruzada (alógama), sendo efetuada principalmente por insetos, em especial as abelhas (*Apis melífera*). O grão de pólen do girassol é pegajoso (Glas, 1988) e denso, o que dificulta que ele seja efetivamente transportado entre os vegetais pelo vento (Vrânceanu, 1977; Bolson, 1981). Segundo Seiler (1997), a face espinhosa dos grãos de pólen não é apropriada para o transporte pelo ar e sim por insetos.

Com relação a estrutura do girassol, seu sistema radicular é caracterizado como pivotante e com elevado grupo de raízes secundárias que, em plantas adultas e em solo sem problemas químicos e/ou físicos, podem chegar a cerca de dois metros de penetração (Jones, 1984; Cox; Jolliff, 1986). O desenvolvimento das raízes segue um crescimento equivalente ao da parte

aérea vegetativa, com um volume radicular máximo no final da floração (Morizet; Merrien, 1990). A biomassa representada pela raiz fica em aproximadamente 20% da biomassa total da planta, entretanto, no decorrer dos ciclos, com o crescimento do caule e folhas, a biomassa radicular alcança em torno de 15% da biomassa total (Merrien, 1992).

O girassol possui estrutura caulinar do tipo herbáceo, cilíndrico, com interior repleto de água, com forte desenvolvimento, especialmente após 30 dias passados da emergência (Castro *et al.*, 1996). Além das características genéticas, como curvatura (Knowles, 1978), o crescimento do caule é bastante dependente das disposições de nutrientes e pelo arranjo das plantas. Normalmente caules grossos e com entrenós curtos estão ligados a plantas vigorosas e resistentes, capazes de sustentar a produção de capítulos com elevada quantidade de aquênios, reduzindo os riscos de quebra ou acamamento e, conseqüentemente, de perdas na colheita (Castro *et al.*, 1996).

No âmbito da folhagem do girassol, observa-se que número de folhas é desenhado no início da germinação, entre os 10 a 20 dias após a emergência, no período de diferenciação foliar (Merrien, 1992). De forma geral, as plantas de girassol possuem de 20 a 40 folhas, sendo estas o principal meio fotossintético, reunindo, além de nutrientes, compostos orgânicos que depois serão transferidos para os órgãos reprodutivos e os grãos (Gazzola *et al.*, 2012). A planta de girassol, possui outra estratégia para elevar a eficiência de absorção da energia solar, em que 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 Brasil, a aplicação da cultura do girassol em sistemas agrícolas é relativamente recente (Verslype *et al.*, 2015). A espécie possui excelente adaptação às condições edafoclimáticas, sendo possível visualizar seu cultivo em todo o território brasileiro, desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério norte no Estado de Roraima (Leite *et al.*, 2007).

O cultivo de girassol vem se destacando nacionalmente por ser uma planta com inúmeras aplicações. É possível explorar quase que totalmente as

plantas de girassol, desde suas raízes até a folhagem. Dentre suas aplicações destacam-se a utilização nas rotações de culturas; projetos paisagísticos; na alimentação humana; na alimentação animal; e principalmente para a produção de biodiesel (Ungaro, 2001; Castro; Farias, 2005; Person, 2013; Carvalho *et al.*, 2017; Backes *et al.*, 2008). Os girassóis são ricos em óleo, apresentando aproximadamente 40% da sua composição na forma de lipídeos, tornando-se uma espécie líder na produção de óleo para produção de biodiesel, sendo superior a outras oleaginosas como a soja e a canola (Monteiro; Da Luz; Mainier, 2015; Smaniotto *et al.*, 2020).

No Nordeste, o girassol ainda não está presente em grandes plantações, devido principalmente a 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, com grande potencial agro energético, fácil gerenciamento e boa performance econômica (Braga *et al.*, 2017).

A espécie pode se tornar uma importante alternativa para a agricultura do semiárido brasileiro. Como tal região não dispõe de uma boa infraestrutura agrícola, e a maioria da população vive de agricultura familiar, o plantio de oleaginosas pode contribuir para incrementar a renda, para produção de biocombustíveis, e estimular a permanência da população nas áreas rurais. (Bezerra, 2011).

2.4 Déficit Hídrico em Plantas

A falta de água disponível e de boa qualidade vem afetando significativamente boa parte do mundo, principalmente as regiões áridas, como é o caso do nordeste brasileiro (Rebouças, 1997). No Brasil, esta região foi alvo durante anos de secas históricas, com destaque para a severa escassez hídrica em meados dos anos de 1915 e 1970 (Roberto; Rocha, 2018; Marcondes; Dandaro, 2018).

Neste período alguns estados decretaram emergência decorrente da intensa redução da produtividade de diversas culturas, da falta de alimentos básicos e o do aumento no índice de mortalidade (Santos, 2023). Dessa forma, a fim de reparar os danos causados pela falta de água, o Governo Federal

intensificou os investimentos destinados ao combate à seca, construindo grandes reservatório de água que abasteciam as cidades e incentivando pesquisas agrônômicas que desenvolvessem culturas adaptadas à seca (Da Silva, 2007).

Segundo Levitt (1980), de modo geral, o estresse pode ser entendido como uma pressão excessiva de algum meio adverso que tende a impedir a operação habitual do sistema. Na botânica, o estresse é definido como uma alteração nos processos fisiológicos provocados por um ou mais fatores biológicos ou de ambiente e que têm potencial para produzir uma injúria. A injúria pode ser expressa como redução do crescimento, na produção (rendimento), morte da planta ou parte dela (Didonet, 2009).

O estresse é causado tanto por fatores abióticos, como água, radiação, temperatura, gases e minerais, assim como por estresses bióticos como plantas invasoras, micro-organismos, animais e antrópico (Souza, 2019). Quando o estresse é gerado pelo elemento água, este pode ser dividido de duas formas, que são a falta de água (déficit hídrico), ou o excesso de água (inundação) (Gomes, 2021).

A água é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento dos vegetais, atuando diretamente em distintas realidades fisiológicas, como na fotoquímica da fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes, tornando-se um recurso fundamental para o perfeito crescimento das plantas, devendo estar presente em todos os estádios de desenvolvimento do vegetal (Taiz; Zeiger, 2009).

Dessa forma, a escassez hídrica consiste na baixa disponibilidade de água para as plantas, afetando a bioquímica, a morfologia e os processos de desenvolvimento dos vegetais (Cavalcante; Cavallini; Lima, 2009). Esse estresse é um dos fatores ambientais que mais compromete a produtividade dos cultivares e quando muito severo, pode levar à morte do vegetal (De Moraes; Santos; Nacarath, 2021).

A diminuição da quantidade de água no solo atinge acentuadamente alguns processos morfofisiológicos, enquanto outros são relativamente insensíveis. A resposta mais eminente dos vegetais ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (1991), consiste na diminuição da

produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são introduzidas em ambientes com escassez hídrica, muitas vezes apresentam respostas fisiológicas que, de forma indireta, visam conservar a água no solo, como se estivessem fazendo uma reserva para períodos futuros (Bianchi; Germino; Silva, 2016).

No girassol, as folhas são os órgãos da planta mais sensíveis à falta de água (Marc; Palmer, 1976). Após o florescimento, o déficit hídrico atinge intensamente a folhagem causando senescência precoce (Castro, 1999). Esse fenômeno reduz a capacidade fotossintética do vegetal, causando uma forte diminuição na translocação de fotoassimilados para os grãos, restringindo o peso, a produtividade e o teor de óleo (Hale; Orcutt, 1987).

Com relação ao óleo produzido pelo girassol, este sofre maior influência da escassez hídrica nos 10 dias iniciais após o secamento das flores, sendo, portanto, essa etapa a mais crítica para a quantidade e qualidade da produção do vegetal (Castro; Farias, 2005).

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

As ROS são produzidas naturalmente através do metabolismo celular de organelas como as mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (Karuppanapandian *et al.*, 2011), sendo produzidos o oxigênio singlete (¹O₂), os radicais superóxido ($\bullet\text{O}^{-2}$), e hidroxil ($\bullet\text{OH}$), bem como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Sharma *et al.*, 2012). Atuando inicialmente como moléculas sinalizadoras de processos celulares. Evidência maior para o H₂O₂.

As plantas protegem suas células e compartimentos sub celulares das espécies reativas de oxigênio com o auxílio de enzimas antioxidativas, como superóxido dismutase (SOD), peroxidase do ascorbato (APX), redutase da glutathione (GSH), peroxiredoxina (Prx), catalase (CAT), polifenol oxidase (PPO) e metabólitos antioxidantes, como a glutathione, ácido ascórbico, α -tocoferol e carotenóides (Mittler, 2002).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Biocombustíveis**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

AHMED, A.; KHALID, M. A review on the selected applications of forecasting models in renewable power systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 100, p. 9-21, 2019.

ALDA, P. C. **Elaboração de embutido, tipo mortadela, com resíduos do processo de filetagem da tilápia do Nilo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2018.

ALTEMIO, A. D. C.; LYRA, B. I. P.; ESTEVES, C. S.; ANDRADE, R. R. C.; ARANHA, C. P. M.; MARTELLI, S. M. Reaproveitamento de matérias-primas oriundas da filetagem para produção de carne mecanicamente separada de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização física e química. **Peer Review**, v. 5, n. 19, p. 202-218, 2023.

ARRUDA, L. F. D.; OETTERER, M. Silagem ácida: uma tecnologia alternativa para aproveitamento do resíduo do processamento do pescado. **Revista de Aquicultura & Pesca**, v. 14, n. 1, p. 30-33, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 10004. **Resíduos sólidos – Classificação**. 2.ed., 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da piscicultura**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-emaquicultura/publicacoes/anuario-peixebr-da-piscicultura>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

BACKES, R. L.; DE SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M., BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 041-048, 2008.

BARROSO, A. C.; SIMIONI, C. A. A eficácia do programa nacional de produção e uso de biodiesel entre 2004 e 2017: uma análise do marco lógico do pnpb. **Caderno da Escola Superior de Gestão Pública, Política, Jurídica e Segurança**, v. 3, n. 1, 2020.

BASKAR, G.; KALAVATHY, G.; AISWARYA, R.; SELVAKUMARI, I. A. Advances in bio-oil extraction from nonedible oil seeds and algal biomass. **Advances In Eco-Fuels For A Sustainable Environment**, p. 187-210, 2019.

BEZERRA, L. L. **Caracterização dos níveis de resistência à salinidade em cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2011.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. D. A. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. **Acta iguazu**, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.

BOLSON, E. L. **Técnicas para a produção de sementes de girassol**. EMBRAPA, p. 27, 1981.

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 déficit hídrico. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 591-605, 2017.

CADAVID-RODRÍGUEZ, L. S.; VARGAS-MUÑOZ, M. A.; PLÁCIDO, J. Biomethane from fish waste as a source of renewable energy for artisanal fishing communities. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 34, p. 110-115, 2019.

CADAVID-RODRÍGUEZ, L. S.; VARGAS-MUÑOZ, M. A.; PLÁCIDO, J. Biomethane from fish waste as a source of renewable energy for artisanal fishing communities. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 34, p. 110-115, 2019.

CALDATO, K.; DA SILVA, F. K. N.; ZATTA, L. Gelatina extraída de escamas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas no município de Pato Branco: caracterizações e comparações com amostras comerciais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 13, n. 1, 2019.

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

CAO, X.; LI, L.; SHITAO, Y.; LIU, S.; HAILONG, Y.; QIONG, W.; RAGAUSKAS, A. J. Catalytic conversion of waste cooking oils for the production of liquid hydrocarbon biofuels using in-situ coating metal oxide on SBA-15 as heterogeneous catalyst. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 138, p. 137-144, 2019.

CARMO, F. D. S. C. D. **Caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial do filé de tilápia-do-Nilo, quando criada em diferentes ambientes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020.

CARVALHO, C. G.; COSTA, C. A.; RESENDE, J. C. Girassol safrinha na Bacia do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Simpósio Nacional Sobre a Cultura do Girassol**. EMBRAPA, 2017.

CASTRO, C. D. **Boro e déficit hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1999.

CASTRO, C. D.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. D. C.; KARAM, D.; MELLO, C. H.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. EMBRAPA, 1996.

CASTRO, C. D.; FARIAS, J. D. **Ecofisiologia do girassol**. EMBRAPA, 2005.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. D. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. EMBRAPA, 2009.

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

CONCEIÇÃO, M. A. **Extração de óleos de plantas nativas para a produção de biodiesel a partir da utilização de CO₂ supercrítico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista. Rosana, 2022.

COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; DE PASCALE, D. Fish waste: From problem to valuable resource. **Marine Drugs**, v. 19, n. 2, p. 116, 2021.

COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 2, p. 226-230, 1986.

DA COSTA, L. C.; DE CASTRO, T. R. P.; DE AZEVEDO, E. F.; DE OLIVEIRA, C. M., MANO, S. B., ESMERINO, E. A.; MARSICO, E. T. Aproveitamento de pescado de baixo valor comercial na elaboração de embutido cozido tipo apresuntado: revisão de literatura. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 10, p. 14891-01a, 2022.

DA SILVA, B. C. A. P.; JÚNIOR, E. D. S. B.; AGUILAR, M. S.; MOURA, F. J.; DOS SANTOS AGUILERA, L.; DE CAMPOS, J. B. Microestrutura, densificação e microdureza de pastilhas de hidróxiapatita obtida a partir de escama de peixe prensadas e sinterizadas. **Revista Foco**, v. 16, n. 02, p. 1134-1134, 2023.

DA SILVA, R. M. A. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 38, n. 3, p. 466-485, 2007.

DE MEDEIROS, E. F.; DA SILVA AFONSO, M.; DOS SANTOS, M. A. Z.; BENTO, F. M.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. Physicochemical characterization of oil extraction from fishing waste for biofuel production. **Renewable Energy**, v. 143, p. 471-477, 2019.

DE MORAES, C. A. J.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Déficit hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e311101523155-e311101523155, 2021.

DECKER, A.; ANDREAZZA, R.; OTTO, I.; PRATES, R.; MAEHLER, A.; NASCIMENTO, S.; QUADRO, M.; NADALETTI, W. Cadeia produtiva da pesca artesanal e gestão ambiental: crise e oportunidade em uma comunidade no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 5, p. 206-219, 2019.

DIDONET, A. D. **Estresse abiótico**. EMBRAPA, 2009.

DOS SANTOS N. M. Produção de compostagem e silagem como gestão sustentável dos resíduos de peixes. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 2, 2023.

DUARTE, V. H.; VALENTINI, M. H. K.; DOS SANTOS, G. B.; NADALETTI, W. C.; VIEIRA, B. M. Biocombustíveis: Uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 4, n. 2, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 21 nov. 2023

FAO, I.; UNICEF, W. **The state of food security and nutrition in the world**. WFP, WHO, 2020.

FERREIRA, A. G.; BRAGA, P. R. S. Mapeamento tecnológico sobre as técnicas de obtenção de óleo de resíduos de peixe. **Cadernos de Prospeção**, v. 12, n. 5, p. 1516-1516, 2019.

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

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. 1.ed. Editora Unesp. São Paulo, 2023.

GAZZOLA, A. FERREIRA JUNIOR, C. T. G.; CUNHA, D. A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; PESTANA, J.; D'ANDRÉA, M. S. C.; OLIVEIRA, M. S. **A cultura do girassol**. 1.ed. Piracicaba: ESALQ, v. 69, n. 63, 2012.

GHALY, A. E.; RAMAKRISHNAN, V. V.; BROOKS, M. S.; BUDGE, S. M.; DAVE, D. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: A critical review. **J. Microb. Biochem. Technol**, v. 5, n. 4, p. 107-129, 2013.

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

GLAS, K. Sunflower: Fertilizing for high yield and quality. **International Potash Institute**, 1988.

GOMES, J. D. S. **Aspectos fisiológicos e de produção do feijoeiro submetido a estresse por déficit hídrico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2021.

GUEDES, J. M.; SANTOS, A. G. D.; DOS SANTOS, H. S. Uso da biomassa como fonte energética para produção de biocombustíveis. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, 2021.

HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. The physiology of plants under stress. **Wiley-Interscience**, p. 205, 1987.

HIROMITSU, F. K. P. **Simulação da cinética em um biorreator em batelada para a produção de biodiesel catalisada por lipases imobilizadas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2022.

JOLY, A. B. **Botânica introdução à taxonomia vegetal**. 1.ed. Editora Nacional. São Paulo, p. 777, 1993.

JONES, O. R. Y. Water-Use Efficiency, and Oil Concentration and Quality of Dryland Sunflower Grown in the Southern High Plains. **Agronomy journal**, v. 76, n. 2, p. 229-235, 1984.

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

KNOWLES, P. E. Morphology and anatomy. **Sunflower science and technology**, p. 55-88, 1978.

LEITE, L. L. D. C. **Formulação e avaliação do desempenho de ésteres destilados do biodiesel de óleo de fritura como aditivo ao diesel em um motor de combustão interna**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

LEITE, R. D. C.; CASTRO, C. D.; BRIGHENTI, A. M.; DE OLIVEIRA, F. A.; DE CARVALHO, C. G. P.; DE OLIVEIRA, A. C. B. **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. EMBRAPA, 2007.

LEVITT, J. **Responses of Plant to Environmental Stresses**. 1.ed. Academic Press. New York, p. 667, 1980.

MAHLIA, T. M. I.; SYAZMI, Z. A. H. S.; MOFIJUR, M.; ABAS, A. P.; BILAD, M. R.; ONG, H. C.; SILITONGA, A. S. Patent landscape review on biodiesel production: Technology updates. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 118, p. 109526, 2020.

MARC, J.; PALMER, J. H. Relationship between water potential and leaf and inflorescence initiation in *Helianthus annuus*. **Physiologia Plantarum**, v. 36, n. 1, p. 101-104, 1976.

MARCONDES, R. L.; DANDARO, F. M. Obras públicas no contexto regional: secas e gastos no Nordeste brasileiro (1860-1940). **Revista Econômica do Nordeste**, v. 49, n. 3, p. 113-127, 2018.

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.

MCCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, p. 353-360, 1989.

MELO, G. L.; PETRY, M. T. DA SILVA, C. M.; NETTO, J. F.; MARTINS, J. D.; DE VILLA, B.; TONETTO, F.; DE MOURA, M. B.; MENDONÇA, M. T.; TOKURA, L. K. Ocorrências e controle de salinidade no uso de um sistema de irrigação localizada. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 2, 2022.

MERRIEN, A. Physiologie du tournesol. **Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitain (CETIOM)**, p. 65, 1992.

MIRANDA, P. P. C.; OLIVEIRA, G. A. D.; RAMALHO, D. A. S. **Tipos de energias renováveis e não renováveis**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário de Barra Mansa. Barra Mansa, 2022.

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

MONTEIRO, L. P. C.; DA LUZ, C. C.; MAINIER, F. B. Comparação de oleaginosas para a produção de biodiesel. **Engevista**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2015.

MORIZET, J.; MERRIEN, A. Principaux traits du comportement hydrique du tournesol. **Réponse à l'irrigation**, p. 7-20, 1990.

NASCIMENTO, M. D. S.; PEREIRA, S. J. B.; DOS SANTOS, R. F.; VIEIRA, A. M. Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 11, p. 1-7, 2018.

OCANHA, V. F.; PINTO, L. F.; ZANETTE, A. F. Determinação experimental e aplicação de modelo numérico da densidade e viscosidade de blendas diesel, biodiesel e óleo vegetal. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. 299111234405-299111234405, 2022.

OLIAS, C.; LAJÚS, C. R.; DE ANDRADE BELLÉ, L.; BUSNELLO, F. J.; SAUER, A. V.; DE OLIVEIRA, S. S.; DA LUZ, G. L.; CARLESSO, L. C. **Nodulação, temperatura, índice SPAD e índice NDVI na soja manejada sob sistema de produção bioagrícola com e sem a utilização do pó de rochas. Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis**. 1.ed. Editora EPTEC, Campina Grande, 2023.

PÁSCHOA, J. C. V. D. **Diferentes fontes de carbono em compostagem, utilizando resíduos da filetagem da tilápia**. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, 2022.

PEIXE, B. R. **Anuário peixe BR da piscicultura**. Associação Brasileira de Piscicultura, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-emaquicultura/publicacoes/anuario-peixebr-da-piscicultura>. Acesso em: 21 nov. 2023

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

PERSON, L. C. Ótima opção para o agronegócio brasileiro. **Agroanalysis**, v. 33, n. 02, p. 27-28, 2013.

PILOGÉ, E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. **Oilseeds and fats, Crops and Lipids (OCL)**, v. 27, n. 34, 2020.

PIRES, V. D. **Avaliação técnica e econômica de diferentes matérias-primas para produção de biodiesel**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

PITTIGLIANI, A. H. **Resíduos de pescado: produção de biodiesel e extração de colágeno produção de biodiesel e extração de colágeno**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

POSSA, D. C. **Análise energética e exergética de um motor de ignição por compressão operando com diesel e biodiesel**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2021.

RAMOS, L. I. D. S. **Controlo de qualidade numa indústria de pescado congelados-estudo e análise de subprodutos de pescado para valorização.**

Dissertação de Mestrado. Escola Superior Agrária Instituto Politécnico De Coimbra. Coimbra, 2022.

REBOUÇAS, A. D. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, p. 127-154, 1997.

RIBEIRO, S. C. A.; PAULA, M. T.; CASTRO, J. S. O. Silagem ácida de resíduos de filetagem de duas espécies de peixes amazônicos para utilização em ração animal. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 4, p. 930-937, 2020.

ROBERTO, D. L. J.; ROCHA, M. A. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, n. 46, 2018.

RODRIGUES, L. D. A.; FÉRES, J. G. Inovação no setor de biodiesel dos principais países produtores: o papel da demanda induzida entre 2000 e 2011. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2021.

Santos, C. E. C. D. **Análise econômica do ciclo de produção de tilápia em tanque rede em Santa Fé do Sul/SP.** Trabalho de Graduação. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2023.

SANTOS, E. D. B.; VIEIRA, E. F. D. S.; CESTARI, A. R.; BARRETO, L. S. Caracterização de escamas do peixe piau (*Leporinus elongatus*) e sua aplicação na remoção de Cu (II) de meio aquoso. **Química Nova**, v. 32, p. 134-138, 2009.

SANTOS, E. D. C. M. **Fatores que afetam a produção de biodiesel utilizando óleos e gorduras residuais (OGRs): uma revisão.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Vitória da Conquista, 2023.

SANTOS, J. G. Entre a Seca e a Cerca: um olhar histórico em torno da Água no Nordeste brasileiro. **Desenvolvimento em Questão**, v. 21, n. 59, p. e13092-e13092, 2023.

SANTOS, L. C. D. **Produção de milho sob influência de produtos atenuantes do déficit hídrico**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal de Campina Grande - *Campus Pombal*. Pombal, 2020.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Institute of Applied Economic Research (IPEA), Rio de Janeiro, 2017.

SEILER, G. J. Anatomy and morphology of sunflower. **Sunflower technology and production**, v. 35, p. 67-111, 1997.

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

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.

SILVA, J. A. D. **Caracterização da aquicultura familiar nas mesorregiões: Marajó e nordeste paraense, Amazônia oriental-Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2023.

SIQUEIRA, L. Q.; GONÇALVES, L. A. D. S.; FERRÃO-GONZALES, A. D.; BASTOS, E. M. S. Busca de informações tecnológicas com base em dados de patentes: um estudo prospectivo após a implementação do programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB). **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 43, 2019.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; DE SOUSA, K. A.; RODRIGUES, G. B.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, L. F. L. Qualidade fisiológica de sementes de

girassol armazenadas em diferentes embalagens. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 98, 2020.

SOARES, L. D. B.; ARAÚJO, E. D. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R.; URQUIAGA, S. **Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil**. EMBRAPA, 2008.

SOUZA, A. C. D. M. **Análise transcriptômica das vias metabólicas do inositol e de oligossacarídeos da família rafinose, em feijão-caupi sob estresse abiótico e biótico**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.

SOUZA, A. E. C.; CERQUEIRA, D. A.; CARDOSO, C. R. Biorrefinaria para os frutos de *Elaeis guineensis*: uma revisão sobre produção de ecodiesel e gaseificação para tratamento de resíduos. **Research, Society and Development**, v. 11, p. 11, 2022.

STEVANATO, F. B. **Aproveitamento de cabeças de tilápias de cativeiro na forma de farinha como alimento para merenda escolar**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual De Maringá. Maringá, 2006.

STORI, F. T.; BONILHA, L. E. C.; PESSATTI, M. L. **Proposta de aproveitamento dos resíduos das indústrias de beneficiamento de pescado de Santa Catarina com base num sistema gerencial de bolsa de resíduos**. Social Instituto Ethos Responsabilidade Social das Empresas. 1.ed. Editora São Paulo, p. 373-406, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Benjamin/Cummings, Redwood City, CA, USA, 1991.

TEODORO, J. C.; KRABBE, E. L.; DE AVILA, V. S. COSTA, A. P. G. C.; BEZERRA, N. S.; VINHAGA, C. Desidratação de resíduos de peixes como forma de agregação de valor e sustentabilidade ambiental. Simpósio Brasileiro Sobre Gerenciamento dos Resíduos Agropecuários e Agroindústrias. **Anais**, 2019.

TOPPE, J.; OLSEN, R. L.; PEÑARUBIA, O. R.; JAMES, D. G. Production and Utilization of Fish Silage: a manual on how to turn fish waste into profit and a valuable feed ingredient or fertilizer. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2018.

UNGARO, M. R. G. **Mercados potenciais para o girassol e os seus subprodutos. O agronegócio das plantas oleaginosas: Algodão, amendoim, girassol e mamona**. 1.ed. Piracicaba: ESALQ, p. 12-140, 2001.

VERSLYPE, N. I.; DE SOUZA CALDAS, R. M.; MACHADO, J.; DA SILVA ANDRADE, J. Potencial para o cultivo do girassol na Microrregião do Pajeú através do modelo digital do terreno. **Revista Geama**, p. 279-292, 2015.

VIDAL, M. D. F. **Produção e uso de biocombustíveis no Brasil**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), 2019.

VRÂNCEANU, A.V. **El girasol**. 1.ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, p. 379, 1977.

WAGNER, Y. G.; COELHO, A. B.; TRAVASSOS, G. F. Análise do consumo domiciliar de pescados no Brasil utilizando dados da POF 2017-2018. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, 2022.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. D. F. **Pesca e Aquicultura: Piscicultura**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), 2023.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da utilização da escama de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como fertilizante sobre a fisiologia e a bioquímica de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) crescendo sob condições controle (irrigadas) ou sob déficit hídrico.

4.2 Objetivos Específicos

Em plantas de girassol cultivadas com o fertilizante produzido a partir da escama de tilápia:

- Identificar a concentração da escama de tilápia que proporciona 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 da escama de tilápia e o possível efeito benéfico em plantas sob condições de déficit hídrico;
- Em plantas sob déficit hídrico, determinar as atividades das enzimas antioxidativas por espectrofotometria;
- Em plantas sob déficit hídrico, determinar os teores de solutos orgânicos (proteínas solúveis, carboidratos solúveis e prolina) por espectrofotometria.

5. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL

Os experimentos 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 Embrapa Soja, Escritório – Londrina, Paraná.

Esta dissertação foi estruturada em dois experimentos independentes, culminando na elaboração de três artigos científicos distintos:

- 1) **“Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol”**. Publicado na Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana.
- 2) **“Escama de tilápia como fertilizante estimula o sistema enzimático antioxidativo e reduz os efeitos do déficit hídrico em plantas de girassol”**. Submetido à Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible e está em processo de avaliação.

3) **“Escama de tilápia como fertilizante aumenta os teores de solutos orgânicos e diminui os efeitos deletérios do déficit hídrico em plantas de girassol”**. Submetido à Revista em Agronegócio e Meio Ambiente e está em processo de avaliação.

Os artigos mencionados anteriormente estão integralmente incorporados nesta dissertação, seguindo rigorosamente as diretrizes de formatação das revistas às quais foram submetidos ou publicados. As minuciosas descrições de cada experimento estão devidamente apresentadas nas seções de "Material e Métodos" de seus respectivos artigos.

EXPERIMENTO I

ARTIGO 1

(Artigo publicado na Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana,
2023)

Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol

Tilapia scale increases growth variables, relative chlorophyll content and dry matter production of sunflower plants

RESUMO

No Brasil, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é atualmente o principal produto da piscicultura. Tal fato desperta interesse e preocupação dos estudiosos levando ao questionamento fundamental sobre quais os danos ambientais gerados pela produção em larga escala dessa espécie. A geração do resíduo de escama recebe destaque, chegando a aproximadamente 4% do resíduo seco produzido durante o manejo do pescado. Um dos grandes impactos ambientais causados pelas atividades pesqueiras está na forma de destinação dos resíduos. O presente trabalho objetivou analisar a viabilidade da utilização de escamas de tilápia como fertilizante orgânico na composição de substratos para o cultivo de plantas de girassol, avaliando nas plantas: percentual de germinação; variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule); teores relativos de clorofila; e a produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação com os seguintes tratamentos: 1) 100% (em volume) de areia; 2) Areia + Adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Escama de tilápia (EDT) a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. Nas condições experimentais empregadas, a aplicação das escamas de tilápia ocasionou incrementos nas variáveis de crescimento analisadas (altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, teores relativos de clorofila, percentual de germinação e matérias secas da parte aérea, da raiz e total), principalmente na concentração de EDT a 120 Kg de N ha⁻¹.

Palavra-chave: Tilápia, resíduos, biofertilizante.

ABSTRACT

In Brazil, tilapia (*Oreochromis niloticus*) is currently the main product of psychculture. This fact arouses the interest and concern of scholars, leading to the fundamental question about what environmental damage is caused by the large-scale production of this species. The generation of scale residue is highlighted, reaching approximately 4% of the dry residue produced during fish handling. One of the major environmental impacts caused by fishing activities is in the way waste is disposed of. The present work aimed to analyze the feasibility of using tilapia scales as an organic fertilizer in the composition of substrates for the cultivation of sunflower plants, evaluating the plants: percentage of germination; growth variables (height, number of leaves and stem diameter);

relative chlorophyll content; and the production of root, shoot and total dry matter. The experiment was conducted in a greenhouse with the following treatments: 1) 100% (by volume) sand; 2) Sand + Fertilizer at 80 kg N ha⁻¹; 3) Sand + Tilapia scale (EDT) at 30 kg N ha⁻¹; 4) Sand + EDT at 60 kg N ha⁻¹; 5) Sand + EDT at 90 kg N ha⁻¹; 6) Sand + EDT at 120 kg N ha⁻¹. Under the experimental conditions used, the application of tilapia scales caused increases in the growth variables analyzed (plant height, stem diameter, number of leaves, relative chlorophyll content, percentage of germination and dry matter of the shoot, root and total), mainly in the EDT concentration at 120 kg of N ha⁻¹.

Keywords: Tilapia, waste, biofertilizer.

1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial pelo consumo de pescado tem recebido um significativo incremento nas últimas décadas, isto acontece tanto pelo aumento no crescimento populacional, quanto pela busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis (Wagner; Coelho; Travassos, 2022). Dentre os países com maior potencial para a piscicultura, o Brasil tem papel de destaque, em especial por sua abundante disponibilidade hídrica, clima favorável e ocorrência de espécies aquáticas que compatibilizam grandes interesses mercadológicos mundiais (Silva, 2023).

No Brasil, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é atualmente o principal nome do sistema aquícola brasileiro, sendo a espécie mais utilizada na piscicultura (Santos, 2023). Em 2022, a piscicultura brasileira produziu 550.060 toneladas de tilápia, com crescimento de 3% sobre o ano anterior. A espécie representou 64% da produção de peixes de cultivo como um todo, sendo atribuído ao Brasil a posição de 4º maior produtor mundial, ficando atrás somente da China, Indonésia e Egito (Peixe BR, 2023). Tal fato, desperta interesse e preocupação dos estudiosos, levando-se ao questionamento fundamental sobre quais as consequências e danos ambientais gerados pela produção em larga escala de tilápia.

De acordo com Balbinot (2015), aproximadamente 50% da biomassa do pescado torna-se resíduos sólidos, esses materiais são principalmente caracterizados pelas partes do peixe não comestíveis como cabeça, caudas, vísceras, pele e escamas (Feldes *et al.*, 2010). A geração do resíduo de escama recebe destaque, chegando a corresponder aproximadamente 4% do resíduo seco produzido durante o manejo do pescado (Ghaly *et al.*, 2013) e em termos de resíduos da produção de carne do peixe, cerca de 1% da massa se deve às escamas (Caldato; Da Silva; Zatta, 2019).

Um dos grandes impactos ambientais causados pelas atividades pesqueiras está na forma de destinação dos resíduos do pescado (Decker *et al.*, 2016). Os principais destinos desses resíduos são os espaços sem autorizações ambientais, como a deposição diretamente em rios e mares, os quais causam sérios danos aos recursos naturais (Rebouças *et al.*, 2012) e econômicos que podem afetar a viabilidade da pesca e da indústria aquícola (Zamora-Sillero; Gharsallaoui; Prentice, 2018).

Buscando a aplicação de processos mais sustentáveis na cadeia produtiva pesqueira, observa-se que uma possível forma de destino correto dessas escamas de tilápia é o seu reaproveitamento na forma de fertilizantes orgânicos para o cultivo de espécies vegetais. As escamas possuem nutrientes que são essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, como Nitrogênio (N) (Nascimento *et al.*, 2018), Fósforo (P) (Teodoro *et al.*, 2019) e Potássio (K) (Páschoa, 2022).

Atendendo à demanda global pela diminuição do consumo de combustíveis fósseis (Soares; Rangel, 2022), alguns vegetais apresentam importantes características para geração de energia limpa e sustentável, dentre essas espécies, destaca-se a *Helianthus annuus* L., popularmente conhecida como girassol. Propõe-se trabalhar com o girassol, pois é uma oleaginosa que dispõe de grande potencial para produção de biodiesel (Marinho, 2022), estando entre as espécies mais cultivadas para a produção de biocombustíveis no mundo (Garcia, 2022).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo, analisar a viabilidade da utilização de escamas de tilápia (EDT) como fertilizante orgânico na composição de substratos para o cultivo de plantas de girassol, avaliando nas plantas: percentual de germinação; variáveis de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule); teores relativos de clorofila; e a produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Maracanaú* localizado na zona 24 com latitude 9571992,45 e longitude 543127,21, possuindo condições climáticas típicas do semiárido nordestino, com temperatura média de 27 °C, cujo clima é tropical quente sub-úmido e tem seu período de chuvoso entre janeiro e maio (Köppen; Geiger, 1928; Da Silva *et al.*, 2011).

Para a composição dos substratos, utilizou-se areia de granulometria fina (NBR 6502, 1995), acrescida de escamas de tilápia (EDT). As escamas de tilápia foram fornecidas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), por meio de parceria com o Laboratório de Tecnologia do Pescado no

município de Pentecoste, Ceará. Após extração do animal, as escamas passaram por uma simples secagem a sol pleno durante cerca de 3 horas para que posteriormente fossem trituradas utilizando um liquidificador industrial inox de alta rotação (Skymssen). Logo após, todo o material triturado foi transferido para uma peneira com granulometria de 9,5 milímetros até formar um pó fino da escama.

Realizou-se análise de nutrientes do EDT no Laboratório de Solo/Água da Universidade Federal do Ceará conforme metodologia de Malavolta *et al.* (1997). Os resultados da análise demonstram significativa quantidade de nutrientes no substrato, principalmente os macros elementos como o Nitrogênio com 44,5 g kg⁻¹, o Fósforo com 67,2 g kg⁻¹ e o Potássio com 1,39 g kg⁻¹. Além disso, o pH da adequado, avaliando em 7,2 e a condutividade elétrica mensurada em 2,97 DS.m⁻¹ (apenas do EDT sem acréscimo de substrato ao vaso).

As concentrações de nitrogênio foram levadas em consideração na composição dos substratos para cultivo de girassol, calculando-as seguindo a recomendação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de 60 kg de nitrogênio por hectare (Roessing *et al.*, 1983).

As sementes de girassol utilizadas nesta pesquisa foram a cultivar BRS 323 fornecidas pela EMBRAPA Soja (escritório Londrina-PR), que após sua assepsia com hipoclorito de sódio a 1,5% por cinco minutos foram lavadas com água corrente, secadas e semeadas em vasos de cinco litros contendo os seguintes tratamentos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Escama de tilápia (EDT) a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. A adição de EDT aos substratos ocorreu de acordo com a concentração de Nitrogênio seguindo os tratamentos descritos anteriormente.

O adubo utilizando neste experimento, é produzido pela empresa BioAdubo Fertilizantes e Defensivos Agrícolas, o produto é composto por esterco de galinha, esterco bovino, casca de arroz, serragem de madeira e bagaço de cana, além de possuir 11,8 g kg⁻¹ de Nitrogênio.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos (descritos anteriormente) e cada um contendo dez repetições. Cada repetição constituiu-se de um vaso com duas plantas. Os

substratos foram irrigados durante todo o experimento a 70% da capacidade de campo. Realizou-se o experimento no período de 25 dias entre os meses de junho e julho do ano de 2022.

Aos 7 dias após a semeadura (DAS), realizou-se a determinação do percentual de germinação conforme a Equação 1 proposta por Laborial e Valadares (1976).

$$\%E = (E1/E) \times 100 \text{ (Eq.1)}$$

Onde: %E = percentagem de emergência, E1 = número total de plântulas emergidas, E = número total de sementes semeadas.

Aos 15 DAS e aos 25 DAS foram analisadas as variáveis: altura da planta, por meio de uma régua graduada em centímetros, medindo do colo da planta até o seu ápice do meristema apical; diâmetro do caule, com a utilização de um paquímetro digital (Mitutoyo), verificando-se a partir de 3,0 cm acima do solo; número de folhas, por meio de uma contagem manual e a determinação do teor relativo de clorofila foi realizado na primeira folha completamente expandida a contar do ápice com o auxílio do clorofilômetro (SPAD-502 Plus).

Aos 25 DAS realizou-se a coleta do experimento, onde o material foi higienizado, separado entre raízes, caules e folhas e colocados em uma estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingir a massa constante para obtenção das matérias secas. Posteriormente foram pesados em uma balança analítica para obtenção de matérias secas da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST).

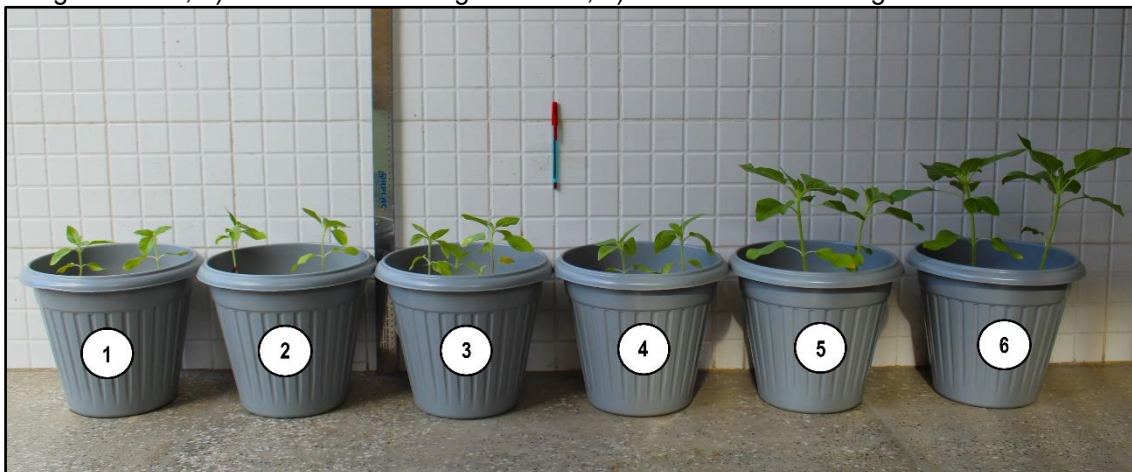
Para a parte da estatística, os dados passaram por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa SISVAR 5.8. Os gráficos foram elaborados no *software* Sigma Plot 14.0 e a tabela no Excel 2022.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas submetidas ao tratamento com escama a 120 kg de N ha⁻¹ obtiveram os maiores incrementos no diâmetro do caule, altura da planta, número de folhas, teor relativo de clorofila e produção de matéria seca de raiz, da parte aérea e total.

A Figura 1 mostra através de análise visual que aos 25 DAS, a utilização da escama de tilápia (EDT) como fonte de nutrientes para o cultivo de girassol ocasionou maior crescimento do vegetal.

Figura 1: Plantas de *Helianthus annuus* L. aos 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹.

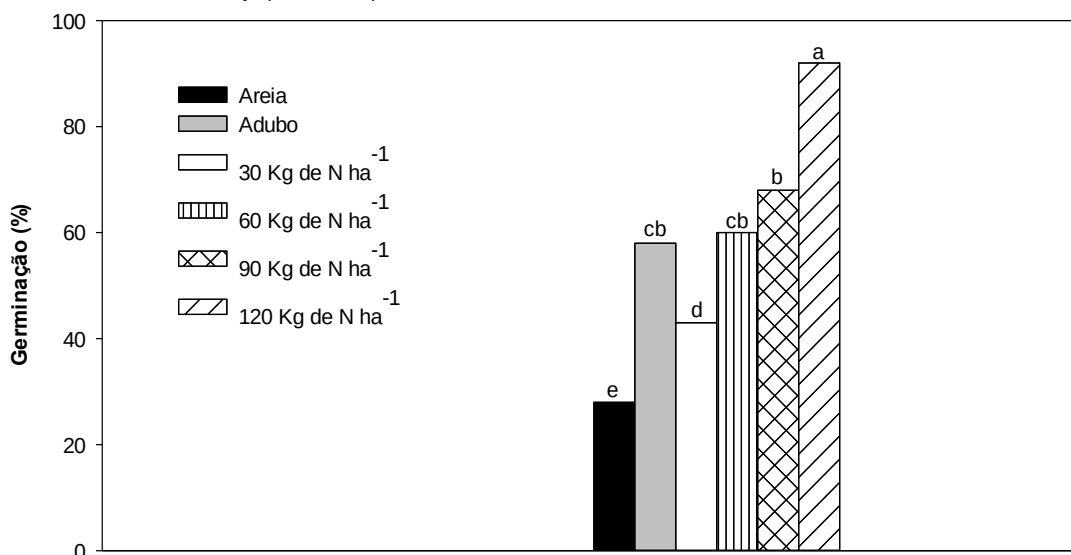


Fonte: Próprios autores, 2022.

Os principais nutrientes exigidos pelas plantas na fase inicial de crescimento e desenvolvimento são o nitrogênio (N) e o fósforo (P) (Oliveira, 2009). A adição de EDT, principalmente a 120 kg de N ha⁻¹ proporciona maior crescimento da planta, porque o resíduo orgânico fornece macro e micronutrientes que são essenciais para o seu desenvolvimento (Gomes *et al.*, 2013). Com isso, as plantas que foram submetidas ao tratamento adubo ou EDT tiveram estatisticamente os melhores resultados quando comparadas as do tratamento areia. Além disso, a concentração de nutrientes deve ser disponibilizada na medida certa para o vegetal, pois o acúmulo desses elementos pode resultar na diminuição da produção (Tejo; Fernandes, 2021).

Observou-se que o percentual de germinação foi maior nas plantas de girassol submetidas ao tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo superior em 180 e 58% em comparação com os tratamentos areia e adubo respectivamente (Figura 2). O tratamento com EDT a 90 Kg de N ha⁻¹ também demonstrou valores significativamente superior ao tratamento areia.

Figura 2: Percentual de germinação de *Helianthus annuus* L. aos 7 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. As colunas representam os valores das médias de cinco repetições. Valores seguidos por letras distintas representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprios autores, 2022.

Diversos fatores podem influenciar a germinação de plantas (Reis, 2013), como por exemplo a qualidade fisiológica das sementes e a disponibilidade de nutrientes (Bigolin *et al.*, 2022). Em condições de temperatura e umidade do ar adequadas, a emergência do girassol ocorre entre 4 e 5 dias após a semeadura e, quanto maior for a oferta de compostos como nitrogênio e ferro no substrato, melhor será a germinação das sementes (Santana *et al.*, 2020).

Os resultados encontrados nesse trabalho concordam com as avaliações descritas por De Sousa Filho *et al.* (2022), que observaram incrementos na germinação de plantas de girassol cultivadas com substratos contendo sedimentos do tanque de criação de tilápia. Além disso, esses resultados estão em acordo com os verificados por Linhares *et al.* (2005), que, testando vários substratos observaram que a areia lavada + esterco bovino, areia lavada + húmus de minhoca, areia e vermiculita também proporcionaram bons resultados de emergência em plantas de girassol.

Com relação às variáveis altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e teores relativos de clorofila, verificou-se que aos 15 e 25 DAS os maiores valores foram observados nas plantas submetidas ao tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, tornando-se este estatisticamente superior a todos os demais tratamentos em todas as variáveis (Tabela 1).

Tratamentos	Altura (cm)		Diâmetro (cm)		Número de Folhas		Teores relativos de Clorofila (Índice SPAD)	
	15 DAS	25 DAS	15 DAS	25 DAS	15 DAS	25 DAS	15 DAS	25 DAS
Areia	3,20 d	9,16 e	2,41 d	4,75 e	3,2 d	6,21 d	21,2 d	28,9 e
Adubo	7,82 b	19,98 c	7,41 b	10,1 c	8,1 b	10,1 b	37,9 b	45,8 c
30 kg N ha ⁻¹	5,62 c	18,31 d	4,92 c	8,02 d	6,1 c	8,1 c	36,5 c	43,6 d
60 kg N ha ⁻¹	8,24 b	20,12 c	7,55 b	10,9 c	8,4 b	10,2 b	38,0 b	45,4 c
90 kg N ha ⁻¹	8,26 b	22,41 b	7,78 b	12,3 b	8,6 b	11,1 b	38,2 b	48,7 b
120 kg N ha ⁻¹	11,12 a	24,91 a	8,69 a	15,1 a	11,2 a	14,2 a	39,5 a	49,8 a

Tabela 1: Altura, Diâmetro, Número de Folhas e teores relativos de Clorofila de *Helianthus annuus* L. aos 15 e 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. Os valores representam a médias de cinco repetições. As letras distintas em uma mesma coluna representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Aos 25 DAS o valor médio da altura das plantas submetidas ao tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ foi de 24,81 cm, sendo superior a todos os demais tratamentos. Esse fato é justificado por existir um aumento significativo na disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento do vegetal. O nitrogênio é o elemento que recebe destaque pois é o principal componente promotor de crescimento das plantas, possuindo relação direta com os teores de aminoácidos e proteínas que se acumulam no conteúdo celular das plantas auxiliando no aumento da altura do vegetal (Irving, 2015).

Os resultados encontrados para altura da planta concordam com as análises descritas no estudo realizado por De Lima *et al.* (2019), onde fica evidente que o incremento da adubação com resíduos orgânicos, proporcionou um maior crescimento para a altura do cultivar de milho que é usado em larga escala no Brasil para fabricação do etanol (Nogueira, 2022). No trabalho executado pelo pesquisador Nascimento (2023), verificou-se que a altura da planta de Arruda (*Ruta graveolens* L.), aumentou significativamente com a implementação dos resíduos orgânicos, possuindo em média 33 cm de comprimento desde o nível do solo até a gema apical.

Para Campos e Uchida (2002), o diâmetro do caule é um bom indicador de qualidade de mudas para a sobrevivência e crescimento após o plantio no

local definitivo. A ação da escama de tilápia em aumentar o diâmetro do caule no girassol pode ser compreendida ao fato de que esse material é uma fonte orgânica de fácil assimilação pelas plantas (Bredemeier; Mundstock, 2000), atuando na melhoria das condições químicas e físicas do solo e no fornecimento de macro e micronutrientes às plantas (De Queiroz *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2013).

Os valores encontrados para diâmetro do caule corroboram com as análises descritas no estudo realizado por De Almeida *et al.* (2019), onde verificaram que os resíduos agroindustriais analisados aumentaram os valores do diâmetro do caule das plantas de mamona, que é uma oleaginosa bastante utilizada para a fabricação de biocombustível. Além disso, no trabalho realizado por Santos (2022), constatou-se que diâmetro do caule da oleaginosa *Glycine max* L. evoluiu consideravelmente com a aplicação do resíduo orgânico.

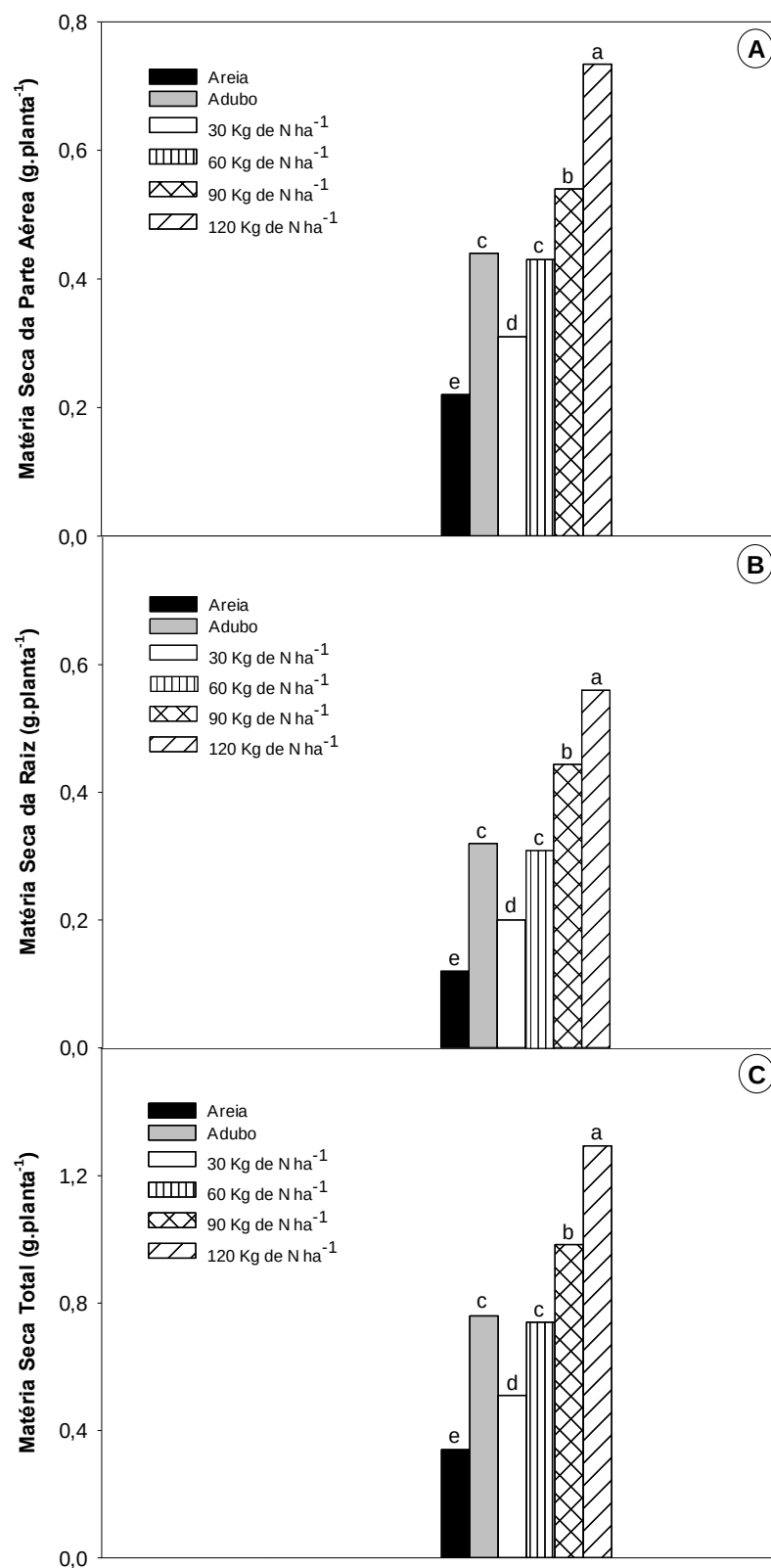
Nas plantas, as folhas são geralmente a parte mais usada para avaliar sua produtividade. Isso acontece, pois, a folha é o núcleo do metabolismo vegetal, refletindo as mudanças nutricionais na sua composição e desenvolvimento (Romero *et al.*, 2022). Em concordância com os resultados encontrados neste trabalho, a pesquisa realizada por Correa *et al.* (2019), também afirmou que os resíduos da agroindústria se mostraram como uma ótima alternativa para produção de mudas de alface.

Com relação aos teores relativos de clorofila, destaca-se que a aplicação da EDT favoreceu o incremento. Entende-se que para a produção de adequados teores relativos de clorofila necessita-se a absorção de elementos como magnésio, ferro, manganês e nitrogênio (Streit *et al.*, 2005). Esses podem interferir diretamente função do cloroplasto, aumentando visivelmente a presença de folhas com intensidade de verde mais escuro, que é um forte indicador de altos teores de clorofila (Burger, 2015; Mógor *et al.*, 2013; Oliveira, 2009).

As análises realizadas por Ferreira *et al.* (2022), corroboram os resultados do presente trabalho ao demonstrarem que a adubação orgânica incrementou os teores relativos de clorofila em plantas de *Arachis hypogaea* L. Em contrapartida, segundo Buffon *et al.* (2023) seus resultados destacam que os adubos orgânicos provindos de aves e esterco não interferiram no teor de clorofila a e b de cultivares de alface.

Observou-se que para matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), e total (MST) nas plantas submetidas a maior concentração de escama de tilápia apresentaram os melhores valores (Figura 3). Para a MSPA verificou-se maiores valores no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo superior em 200 e 67% em comparação com os tratamentos areia e adubo respectivamente (Figura 3A). Com relação a MSR, os maiores resultados foram observados nas plantas submetidas a EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo superior em 300 e 75% em comparação com os tratamentos areia e adubo respectivamente (Figura 3B). Para a MST os valores significativamente mais elevados foram observados em plantas fertilizadas com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo superior em 280 e 70% em comparação com os tratamentos areia e adubo, respectivamente (Figura 3C).

Figura 3: Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de *Helianthus annuus* L. aos 25 dias após a semeadura em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + Adubo a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹. Os valores representam a médias de cinco repetições. As letras distintas representam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprios autores, 2022.

A matéria seca dos vegetais é resultado de várias interações que acontecem na planta no decorrer do seu desenvolvimento e crescimento, como a capacidade fotossintética e a quantidade de nutrientes minerais absorvidos (Lopes *et al.*, 2013).

Os resultados encontrados para matéria seca concordam com as análises descritas no estudo realizado por Salles *et al.* (2017), onde verificaram que a adubação orgânica com esterco de aves de forma isolada ou combinada com esterco bovino e/ou torta de filtro favoreceu as matérias secas das plantas, resultando no aumento de produtividade da cultura da *Eruca Sativa*. Além disso, no trabalho executado por Peixoto Filho *et al.* (2013), os autores verificaram que em plantas de alface, o acréscimo do resíduo orgânico de esterco de frango promoveu aumento na produção de matéria seca do vegetal.

Por fim, destaca-se que na literatura até o presente momento da publicação deste trabalho, não existem relatos sobre o uso de escamas de tilápia como fertilizante orgânico para o cultivo de plantas de girassol. Ressaltando-se assim o potencial inovador e ambientalmente relevante para reaproveitamento de um resíduo.

4 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais empregadas, a aplicação das escamas de tilápia (EDT) ocasionou incrementos nas variáveis de crescimento analisadas: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, teor de clorofila, percentual de germinação e matérias secas da parte aérea, da raiz e total, principalmente na concentração de EDT a 120 Kg de N ha⁻¹.

Dessa forma, o uso da EDT como biofertilizante orgânico para o cultivo de girassol, mostra-se uma alternativa viável e ambientalmente vantajosa. Ressalta-se a possibilidade de reaproveitamento do resíduo, mitigando diretamente impactos ambientais e sociais envolvidos, bem como, contribuindo para uma sociedade cada vez mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 6502. **Rochas e solos – Terminologia**, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da piscicultura**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-emaquicultura/publicacoes/anuario-peixebr-da-piscicultura>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

BALBINOT, E. **Eletrocoagulação no tratamento de efluentes da filetagem de pescado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

BIGOLIN, G.; CONTI, A. F.; BENNEDETTI, R.; HARTER, L. Influência do vigor de sementes no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 40, 2022.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

BUFFON, E.; GONZATTI, J. V.; FAVRETTO, K. J.; SORDI, A. Diferentes fontes de adubação orgânica no cultivo da alface crespa. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, 2023.

BURGER, J. L. **Efeito dos metais pesados chumbo e manganês na morfofisiologia da macroalga vermelha *Pterocladia capillacea***. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

CALDATO, K.; DA SILVA, F. K. N.; ZATTA, L. Gelatina extraída de escamas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas no município de Pato Branco: caracterizações e comparações com amostras comerciais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 13, n. 1, 2019.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.281- 288, 2002.

CORREA, B. A.; PARREIRA, M. C.; MARTINS, J. D. S.; RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. D. Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia Tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 97-104, 2019.

DA SILVA, V. P.; PEREIRA, E. R.; AZEVEDO, P. V. D.; DE SOUSA, F. D. A.; SOUSA, I. F. D. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 131-138, 2011.

DE ALMEIDA, F. B. B.; DE MOURA, L. F. DA SILVA COSTA, F. R.; DE ARRUDA, J. F.; SENA, L. M.; GONDIM, F. A. Avaliação das características germinativas e de crescimento em mamoneira cultivada em diferentes resíduos orgânicos agroindustriais. **HOLOS**, v. 6, p. 1-11, 2019.

DE LIMA, T. M.; PASCOAL, P. R. P.; CARVALHO, F. J.; MARIA, R.; LANA, Q. Adubação de milho crioulo com resíduos orgânicos em associação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p.9-16, 2019.

DE QUEIROZ, J. F.; ALVES, J.; LOSEKANN, M. E.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; FERRI, G.; ISHIKAWA, M. Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **EMBRAPA**, 2021.

DE SOUSA FILHO, E. D. N.; DE CARVALHO, G. T.; DE SOUSA FERREIRA, G.; DE BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Avaliação do uso de sedimentos de tanques de produção de tilápias como fertilizante no cultivo de girassol. **Tecnologias aplicadas na Agronomia**, 2022.

DECKER, A. T.; RODRIGUES, E. A.; DE ALMEIDA, J. C.; QUADRO, M. S.; LEANDRO, D.; ANDREAZZA, R.; BARCELOS, A. A. Impactos ambientais dos

resíduos de pescado. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2016.

FELTES, M.; CORREIA, J. F.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 669-677, 2010.

FERREIRA, C. F.; GARCIA, L. D. Desempenho comercial de brócolis (*brassica oleracea* var. Italica) em função de doses de adubo orgânico cultivados sob sistema convencional e solo com cobertura de aveia preta. **Revista Scientia Rural**, v. 1, p. 76-97, 2022.

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

GHALY, A. E.; RAMAKRISHNAN, V. V.; BROOKS, M. S.; BUDGE, S. M.; DAVE, D. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: A critical review. **Microbial & Biochemical Technology**, v. 5, n. 4, p. 107-129, 2013.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.

IRVING, L. J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v.5, p. 1116–1134, 2015.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. **Justus Perthes**, 1928.

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. Academia Brasileira de Ciências. **Anais**, v. 48, p. 174 – 186, 1976.

LINHARES, P. C. F.; ABREU, W. B. DE; MENEZES NETTO, A. C.; SANTOS, V. G. DOS; SOUSA, A. H. DE; MARACAJÁ, P. B. Substratos na emergência e no vigor de plântulas de girassol. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.5, n.1, p. 1519-1527, 2005.

LOPES, E. C.; ARAUJO, E. C. D.; COSTA, R. S. D.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 291-296, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafos**, 1997.

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.

MÓGOR, Á. F.; BARBIZAN, T.; PAULETTI, V; OLIVEIRA, J. D.; BETTONI, M. M. Teores de clorofila em cultivares de tomateiro submetidas a aplicações foliares de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 363-369, 2013.

NASCIMENTO, M. D. S.; PEREIRA, S. J. B.; DOS SANTOS, R. F.; VIEIRA, A. M. Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 11, p. 1-7, 2018.

NASCIMENTO, P. M. D. **Produção da arruda (*Ruta graveolens* L.) cultivada com resíduo orgânico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2023.

NOGUEIRA JUNIOR, E. C. **Setor de etanol de milho no Brasil: condicionantes e estratégias competitivas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2022.

OLIVEIRA, L. L. **Produção de gladiolo em função da aplicação de nitrogênio e ethiltrinezapac**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2009.

OLIVEIRA, L. L. **Produção de gladiolo em função da aplicação de nitrogênio e ethiltrinezapac**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2009.

PÁSCHOA, J. C. V. D. **Diferentes fontes de carbono em compostagem, utilizando resíduos da filetagem da tilápia**. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, 2022.

PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. D. S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F.; PESSOA, L. G.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 419-424, 2013.

REBOUÇAS, M. C.; RODRIGUES, M. D. C. P.; DE CASTRO, R. J. S.; VIEIRA, J. M. M. Caracterização do concentrado protéico de peixe obtido a partir dos resíduos da filetagem de tilápia do Nilo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 697-704, 2012.

REIS, F. C. D. **Fatores que influenciam a germinação e emergência de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth e absorção, translocação e eficácia do herbicida aminocyclopyrachlor**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.

ROESSING, A.; GARCIA, A.; LANTMANN, A.; GAUDENCIO, C. D. A.; GAZZIERO, D.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; GALERANI, P. **Indicações técnicas para o cultivo do girassol**. 2.ed. Documento 3. EMBRAPA CNPSo. Londrina, 1983.

ROMERO, M. A.; VÁSQUEZ, S. C.; ROMERO, A. E.; MOLINA-MÜLLER, M. L.; CAPA-MOROCHO, M. I.; GRANJA, F. Dinâmica nutricional em folhas de cacau

sob diferentes fontes de nitrogênio: um instrumento de referência para a análise foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, 2022.

SALLES, J. S.; STEINER, F.; ABAKER, J. E. P.; FERREIRA, T. S.; MARTINS, G. L. M. RESPOSTA da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 35-40, 2017.

SANTANA, Í. O.; DE SANTANA SANTOS, M.; DOS SANTOS, C. A. P.; CAMPOS, N. M. Produção de feijão-de-corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 2020.

SANTOS, C. E. C. D. **Análise econômica do ciclo de produção de tilápia em tanque rede em Santa Fé do Sul/SP**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2023.

SANTOS, T. B. D. **Avaliação dos efeitos da aplicação de fertilizante organomineral bioativado na cultura da soja**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

SILVA, J. A. D. **Caracterização da aquicultura familiar nas mesorregiões: Marajó e nordeste paraense, Amazônia oriental-Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2023.

SOARES, T. R. E.; RANGEL, J. J. D. A. Emissões de co₂ e o potencial de expansão dos combustíveis fósseis nos BRICS. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 8, n. 1, p. 603-603, 2022.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, p. 748-755, 2005.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. D. S. Estudo sobre os impactos da adoção de métodos de adubação nitrogenada no desenvolvimento do trigo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 26-45, 2021.

TEODORO, J. C.; KRABBE, E. L.; DE AVILA, V. S.; COSTA, A. P. G. C.; BEZERRA, N. S.; VINHAGA, C. Desidratação de resíduos de peixes como forma de agregação de valor e sustentabilidade ambiental. Simpósio Brasileiro Sobre Gerenciamento dos Resíduos Agropecuários e Agroindústrias. **Anais**, 2019.

WAGNER, Y. G.; COELHO, A. B.; TRAVASSOS, G. F. Análise do consumo domiciliar de pescados no Brasil utilizando dados da POF 2017-2018. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, 2022.

ZAMORA-SILLERO, J.; GHARSALLAOUI, A.; PRENTICE, C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: An overview. **Marine Biotechnology**, v. 20, p. 118-130, 2018.

EXPERIMENTO II

ARTIGO 2

(Artigo submetido para a Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible, 2024)

Escama de tilápia como fertilizante estimula o sistema enzimático antioxidativo e reduz os efeitos do déficit hídrico em plantas de girassol.

RESUMO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é o peixe mais consumido do Brasil e o crescimento desta indústria pesqueira ocasiona o aumento da geração de resíduos sólidos, o que desencadeia diversos impactos ambientais negativos devido ao gerenciamento e descarte incorreto desses resíduos. Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar o crescimento e a atividade enzimática antioxidativa de plantas de girassol sob condições de déficit hídrico cultivadas com adubação proveniente de escamas de tilápia (EDT). O experimento foi executado em casa de vegetação com vasos contendo duas plantas por repetição, dispostos em arranjo fatorial 2x6, sendo dois tratamentos hídricos (com irrigação todos os dias e com suspensão da irrigação aos 20 dias após a semeadura) e seis substratos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina; 2) Areia + Adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹. O uso de resíduo de EDT na forma de biofertilizante orgânico ocasionou aumento nas atividades das enzimas antioxidativas e demonstrou-se eficaz para ser aplicado em plantas de girassol, sendo capaz de reduzir os efeitos do déficit hídrico. De forma geral, destaca-se que sob as condições experimentais empregadas, a dosagem ideal para o EDT é na concentração a 120 kg de N ha⁻¹.

Palavra-chave: Tilápia, escama, déficit hídrico.

ABSTRACT

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the most consumed fish in Brazil and the growth of this fishing industry causes an increase in the generation of solid waste, which triggers several negative environmental impacts due to the incorrect management and disposal of this waste. Therefore, the present work aimed to analyze the plant growth and antioxidative enzymatic activity of sunflower plants under drought stress conditions cultivated with fertilizer from tilapia scales (EDT). The experiment was carried under greenhouse conditions with pots containing two plants, arranged in a 2x6 factorial arrangement, with two water treatments (with irrigation every day and with suspension of irrigation 20 days after sowing) and six substrates: 1) 100% (by volume) fine-grained sand; 2) Sand + Fertilizer at 80 kg N ha⁻¹; 3) Sand + EDT at 80 kg N ha⁻¹; 4) Sand + EDT at 120 kg N ha⁻¹; 5) Sand + EDT at 180 kg N ha⁻¹; 6) Sand + EDT at 240 kg N ha⁻¹. The use of EDT residue in the form of organic biofertilizer caused an increase in the activities of antioxidative enzymes and proved to be effective for application to sunflower plants, being able to reduce the effects of drought stress. In general, it is highlighted that under the experimental conditions used, the ideal dosage for EDT is at a concentration of 120 kg of N ha⁻¹.

Keywords: Tilapia, scale, drought stress.

INTRODUÇÃO

O cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi introduzido no Brasil como um recurso de segurança alimentar das populações rurais pobres, entretanto a tilápia tornou-se um produto com alta demanda de mercado interno e externo e mesmo para os produtores mais simples, o cultivo estabeleceu-se de forma comercial e não de subsistência (Barroso *et al.*, 2018).

Em 2022, foram produzidas 550.060 toneladas de tilápias em águas brasileiras, que representa 63,93% da produção nacional de peixes de cultivo (Peixe BR, 2023). No Brasil, a consolidação da produção de tilápia é decorrente dos recursos hídricos abundantes presentes no país, do clima que favorece a produção do pescado e da crescente procura pela proteína do peixe em diversos mercados (Zaniboni-Filho; Pedron; Ribolli, 2018).

O crescimento da indústria pesqueira de produção de tilápia em atendimento ao alto consumo global tem por consequência o aumento da geração de resíduos sólidos, principalmente os orgânicos provenientes do manejo do peixe. Este fato desencadeia diversos impactos ambientais negativos, devido ao gerenciamento e descarte incorreto dos resíduos (Bacelar; Muratori, 2020).

Dentre os resíduos gerados no manejo da tilápia, a escama do animal recebe destaque, principalmente por não ser consumível, por sua alta produção, e por representar cerca de 4% do resíduo seco produzido na produção do peixe (Ghaly *et al.*, 2013). Assim, o reaproveitamento das escamas é de suma importância para a aplicação de técnicas mais sustentáveis na indústria pesqueira.

Alguns autores afirmam que as escamas de peixe apresentam nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio (Nascimento *et al.*, 2018; Teodoro *et al.*, 2019; Páschoa, 2022). Esses elementos são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de vegetais (Tavares *et al.*, 2019). Deste modo, sugere-se assim o reaproveitamento das escamas de tilápia na formulação de um fertilizante orgânico que auxiliará o cultivo de plantas.

Com a demanda global pela redução da produção de combustíveis fósseis (Nobre *et al.*, 2011), o girassol (*Helianthus annuus* L.), tornou-se objeto de estudo de diversos pesquisadores, principalmente em trabalhos que utilizam a oleaginosa para a produção de biocombustíveis (Garcia *et al.*, 2022). Contudo, apesar do vegetal possuir características agrônomicas que permitem o cultivo em diversas regiões, alguns fatores abióticos, como o déficit hídrico, podem impactar diretamente o desenvolvimento da planta (Da Silva Costa *et al.*, 2021).

Diante do contexto, acredita-se que o reaproveitamento das escamas de tilápia podem reduzir os impactos negativos no meio ambiente decorrentes do

descarte incorreto destes materiais, servindo como fonte de nutrientes para o cultivo do girassol, além de tornar a planta mais tolerante ao déficit hídrico.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar o crescimento e a atividade enzimática antioxidativa de plantas de girassol sob condições de déficit hídrico cultivadas com adubação proveniente de escamas de tilápia (EDT), através da avaliação nas plantas das seguintes variáveis: altura da planta; número de folhas; diâmetro do caule; teores relativos de clorofila; área foliar; produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total e das atividades das enzimas dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT), peroxidase de ascorbato (APX) e peroxidase do guaiacol (GPX) em folhas e raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e junho de 2023 em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Maracanaú. Localizado na zona 24 M 543134.88 m E e 9571988.43 m S. Região com temperatura média de 27°C, cujo clima é tropical quente sub-úmido e tem seu período de chuvoso entre janeiro e maio (IPECE, 2017).

Na composição dos substratos, foi utilizada areia de granulometria fina peneirada em malha de cinco milímetros adicionada de escamas de tilápia (EDT), fornecidas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), através do Laboratório de Tecnologia do Pescado do município de Pentecoste, Ceará. As sementes utilizadas de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivar BRS 323 foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do escritório Londrina-PR.

Após extração do animal, as escamas passaram por secagem a sol pleno durante aproximadamente três horas, com posterior secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 24 horas. Após a secagem, as escamas foram trituradas com o auxílio de um liquidificador industrial inox de alta rotação (Skymssen). Por fim, todo o material triturado foi peneirado em malha cinco milímetros até formar um pó fino da escama.

A caracterização química do EDT foi obtida mediante análises elaboradas segundo a metodologia de Malavolta *et al.* (1997), no Laboratório de Solos e Água da Universidade Federal do Ceará (UFC) (Tabela 1). A massa de EDT

incorporada e homogeneizada ao substrato foi de nove gramas por vaso, a fim de obter em cada vaso a concentração de 80 kg de nitrogênio por hectare, que é o indicado para o cultivo de girassol, seguindo a recomendação da EMBRAPA (2014).

Tabela 1. Análise química de uma amostra do resíduo de escama de tilápia utilizados na composição dos substratos para o cultivo de plantas de girassol.

	g.kg ⁻¹					mg.kg ⁻¹			dS.m ⁻¹	
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	C.E.	P.H.
EDT	44,5	67,2	153,8	1,39	0,48	15,09	0,76	88,2	2,97	7,2

EDT: Resíduo de escama de tilápia. C.E.: Condutividade Elétrica. P.H.: Potencial hidrogeniônico.

Fonte: Laboratório de Solos e Água da UFC, 2022.

Após assepsia com hipoclorito de sódio a 1,5% por cinco minutos, as sementes de girassol foram lavadas com água corrente, secadas e semeadas em vasos plásticos de cinco litros contendo areia.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por doze repetições, sendo cada repetição um vaso contendo duas plantas, dispostos em arranjo fatorial 2x6, constituído de dois tratamentos hídricos (com irrigação e irrigação suspensa aos 20 Dias Após a Semeadura - DAS) e seis tipos de substratos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina; 2) Areia + Adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Escama de tilápia (EDT) a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹. A adição de EDT aos substratos ocorreu de acordo com a concentração de nitrogênio seguindo os tratamentos descritos anteriormente.

O adubo utilizando no experimento, foi produzido pela empresa BioAdubo Fertilizantes e Defensivos Agrícolas, que é composto por esterco de galinha, esterco bovino, casca de arroz, serragem de madeira e bagaço de cana, além de possuir 11,8 g.kg⁻¹ de nitrogênio.

Durante o experimento foi realizada a irrigação diária dos vasos a 70% da capacidade de campo, com uso de um regador manual. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), suspendeu-se a irrigação de metade das plantas de cada um dos seis tipos de tratamentos. Foi realizada uma coleta única aos 28 DAS (oito dias sob suspensão de irrigação).

Aos 28 DAS foram realizadas avaliações de crescimento, sendo determinados os valores de altura da planta, com o auxílio de uma régua

graduada em centímetros, aferindo-se da superfície do solo ao último nó; número de folhas por contagem manual; diâmetro do caule, com a utilização de um paquímetro digital (Mitutoyo), verificando-se a partir de 3 cm acima do solo; área foliar utilizando o software ImageJ; e a determinação dos teores relativos de clorofila na primeira folha completamente expandida a contar do ápice com o auxílio do clorofilômetro (SPAD-502 Plus). Além disso, após coleta, o material foi higienizado, separado entre raízes, caules e folhas e colocados em uma estufa com circulação forçada de ar a 60°C até atingir a massa constante para obtenção das matérias secas (3 dias). Posteriormente foram pesados em uma balança analítica para obtenção de matérias secas da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST).

Para mensurar as atividades das enzimas antioxidativas, catalase (CAT), peroxidase do guaiacol (GPX), peroxidase do ascorbato (APX) e dismutase do superóxido (SOD) foram, inicialmente, preparados extratos de folhas e raízes frescas a partir da maceração em almofariz de 1 g de matéria fresca em nitrogênio líquido para obtenção do pó. Foram adicionados 4,0 mL de tampão fosfato de potássio a 100 mM, pH 7, contendo EDTA a 0,1 mM e ácido ascórbico a 1mM. O macerado foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 10.000 g durante 15 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi empregado para as análises enzimáticas.

A atividade da CAT foi determinada de acordo com Havir e McHale (1987), pelo decréscimo na absorbância em 240 nm, em virtude do consumo de H_2O_2 ; a da GPX pelo método de Kar e Mishra (1976), em que a reação foi acompanhada pelo incremento da absorbância em 470 nm, em virtude da formação do tetraguaiacol; a APX pelo método de Nakano e Asada (1981), em que a oxidação do ascorbato foi medida pelo decréscimo na absorbância em 290 nm, e a SOD pelo método de Beauchamp e Fridovich (1971), em que a reação foi medida através do aumento da absorbância em 560 nm, em virtude da produção de formazan azul, resultante da fotorredução do p-Nitrobluetetrazolium (NBT).

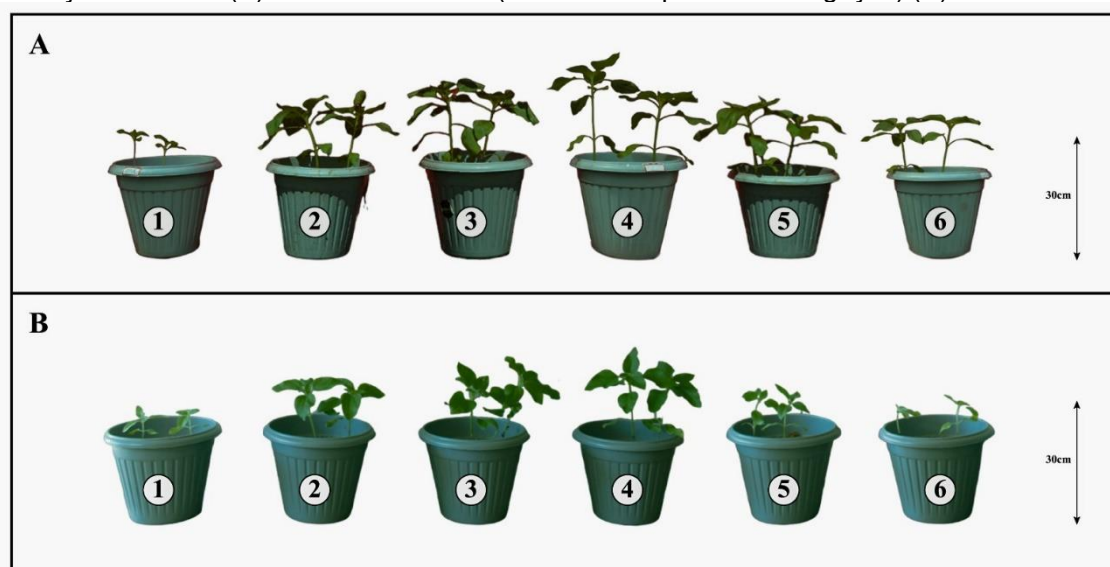
As unidades das análises bioquímicas foram expressas em $\mu\text{mol } H_2O_2 \text{ min}^{-1}\text{g}^{-1}\text{MF}$ das atividades das enzimas CAT, APX e GPX, já para a SOD em $\text{UA g}^{-1} \text{MF}$, representada por massa fresca (MF) das folhas ou da raiz onde uma UA (unidade de atividade enzimática) corresponde a quantidade de enzima necessária para resultar em inibição da fotorredução do NBT de 50%.

Para a parte estatística, realizou-se análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade no software SISVAR 5.8. Para os resultados estatísticos, as letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos (tratamentos mencionados anteriormente), de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os gráficos foram elaborados no programa Sigma Plot 14.0 e a tabela no Microsoft Excel 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 28 Dias Após a Semeadura (DAS) observou-se de forma geral que o tratamento com EDT a 120 kg de N ha⁻¹ apresentava visualmente maior crescimento, principalmente quando comparado com os tratamentos areia e adubo, tanto em condições controle (Figura 1A) como submetidas à suspensão de irrigação (Figura 1B).

Figura 1. Plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura em substratos contendo: (1) 100% de areia; (2) Areia + Adubo a 80 kg de N ha⁻¹; (3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; (4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; (5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; (6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹, sob condições controle (A) e de déficit hídrico (8 dias de suspensão de irrigação) (B).



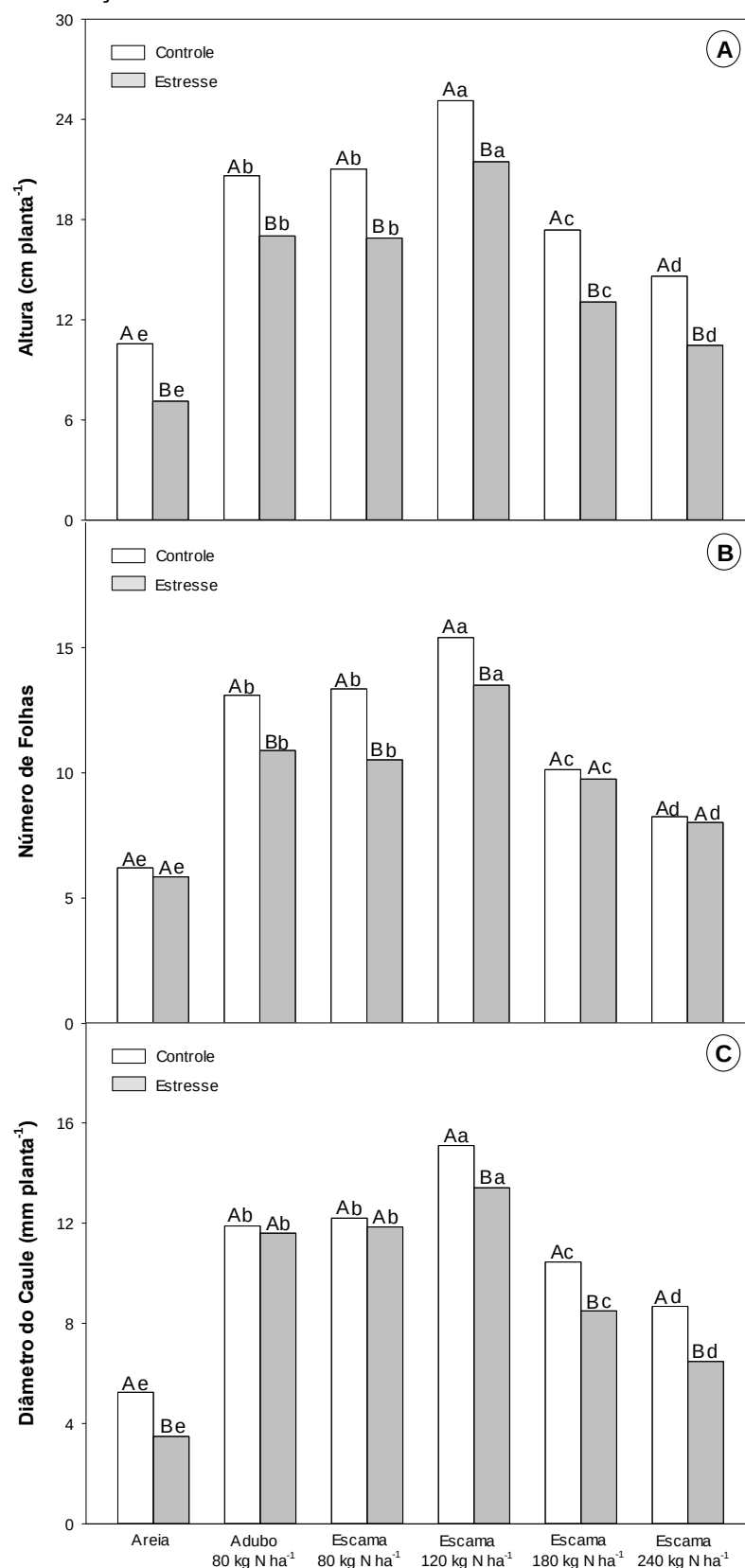
Fonte: Próprios autores, 2023.

Em condição controle, os valores encontrados para altura das plantas submetidas a EDT a 120 kg de N ha⁻¹ foram maiores aos demais tratamentos, possuindo média superior em 137 e 21% com relação aos tratamentos areia e adubo, respectivamente (Figura 2A). Observou-se que a condição de déficit hídrico promoveu redução na altura da planta, com os maiores resultados

destacados no tratamento contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹ mostrando-se 400 e 26% maior do que o tratamento areia e adubo, respectivamente (Figura 2A).

Para as variáveis número de folhas (Figura 2B) e diâmetro do caule (Figura 2C), observa-se que alguns tratamentos não foram significativamente afetados pelo regime de irrigação (controle e estresse), entretanto as plantas submetidas ao tratamento contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹, em ambas as condições de irrigação, apresentam os melhores resultados nas duas variáveis analisadas em comparação a todos os demais tratamentos.

Figura 2. Altura (A), número de folhas (B) e diâmetro do caule (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

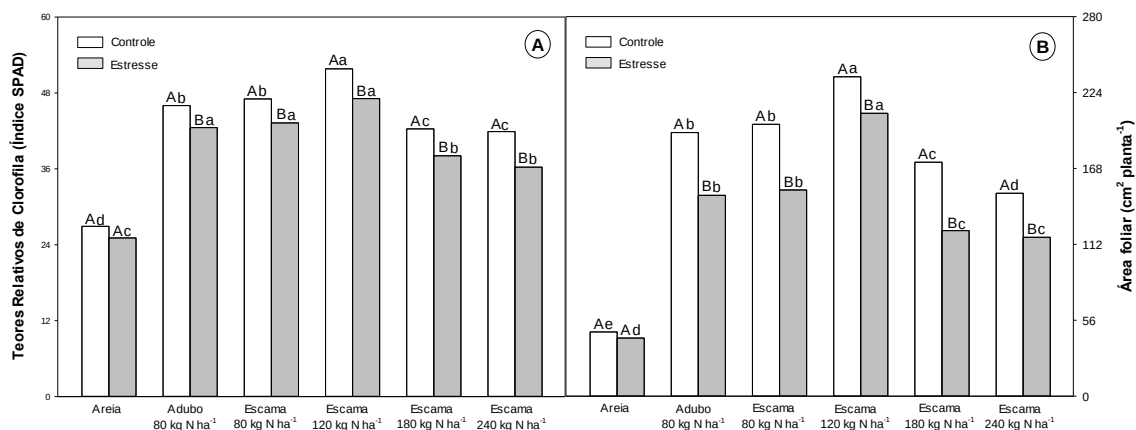


Fonte: Próprios autores, 2023.

Segundo Sousa *et al.* (2017) e Santos *et al.* (2014), uma menor disponibilidade hídrica acarreta complicações para o crescimento e desenvolvimento vegetativo. Em contrapartida, este trabalho demonstrou que a utilização do EDT a 120 kg de N ha⁻¹ ocasionou um aumento significativo na altura, número de folhas e diâmetro do caule de plantas de girassol submetidas a condições controle e de déficit hídrico. Este fato pode estar relacionado à disponibilidade ideal de nutrientes que são fundamentais para o crescimento das plantas, através do material que é uma fonte orgânica de fácil assimilação (escamas de tilápia) (Irving, 2015).

De maneira geral, o déficit hídrico promoveu reduções nos teores relativos de clorofila e na área foliar em todos os tratamentos, (Figuras 3A e 3B), com diferenças significativas em relação ao controle, exceto o tratamento areia que não apresentou diferença estatística. Adicionalmente, verificou-se que em ambas as condições de irrigação, o tratamento contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹ apresentou os maiores valores para estas variáveis, com diferenças significativas em relação a todos os demais tratamentos.

Figura 3. Teores relativos de clorofila (A) e área foliar (B) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

Para a variável teores relativos de clorofila, as plantas crescendo em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹, apresentam-se superiores as plantas submetidas ao tratamento adubo. Em condições controle, esse aumento foi, em média de 13%, e em condições de déficit hídrico de 11%. Para a variável área foliar, as plantas crescendo em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹

¹, apresentam-se superiores as plantas submetidas ao tratamento adubo. Em condições controle, esse aumento foi, em média de 22%, e em condições de déficit hídrico de 40%.

As reduções observadas no presente trabalho corroboram com os resultados apresentados por outros autores, tanto com plantas de girassol (Nobre *et al.*, 2011; Dutra *et al.*, 2012), como com outras espécies (Wullschlegel *et al.*, 2005; Dos Santos *et al.*, 2012) sob condições de estresse abióticos.

Entende-se que o crescimento vegetal está ligado à divisão e expansão de suas células, sendo esta última atrelada à pressão de turgência, processo comprometido pela diminuição da disponibilidade hídrica no solo ou pelo excesso de evapotranspiração (Dos Santos *et al.*, 2014). Além disso, Jaleel *et al.* (2009), afirmam que sob condições de restrição hídrica, as plantas diminuem a formação de novas folhas e também sua área foliar como mecanismo de defesa, evitando a perda de água por transpiração. Porém, este fato pode ocasionar a diminuição da capacidade fotossintética do vegetal e conseqüentemente do teor relativo de clorofila (Silva *et al.*, 2011).

Dessa forma, segundo Magalhães *et al.* (2007), a área foliar está diretamente relacionada à produção final de massa seca, pois durante o ciclo de desenvolvimento, a planta depende das folhas como órgãos fotossintetizantes. Além disso, a taxa de crescimento da planta depende não apenas da expansão foliar, mas também do aumento significativo do teor relativo de clorofila para otimizar a fotossíntese.

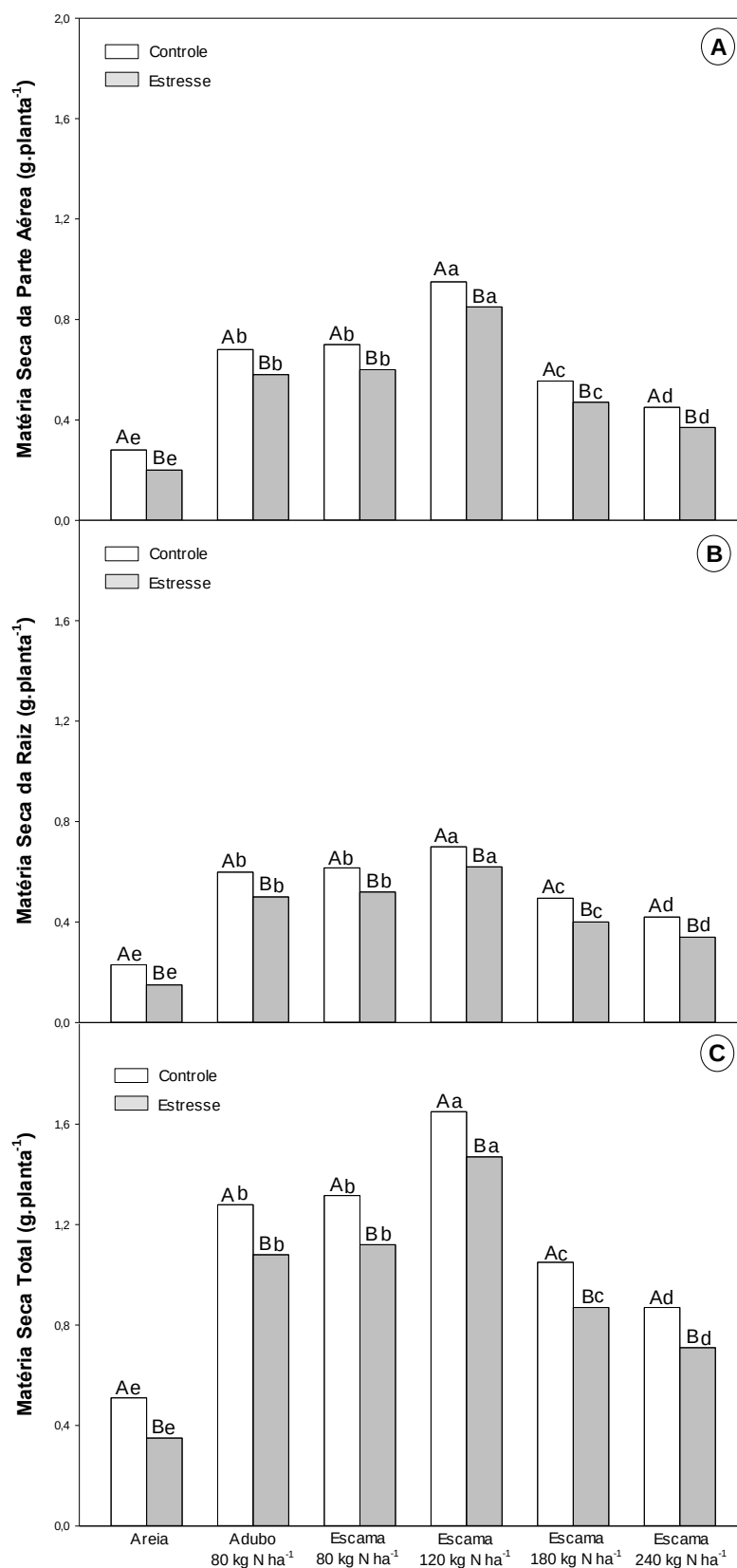
A suspensão da irrigação ocasionou redução nas variáveis matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST). Para a MSPA, as plantas crescendo em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹, apresentam os maiores resultados, sendo superiores à média dos tratamentos areia ou adubo. Em condições controle, esse aumento foi, em média, de 239 e 39%, respectivamente, e em condições de déficit hídrico, de 325 e 46% (Figura 4A).

Com relação a MSR, os maiores resultados foram observados nas plantas submetidas a EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo superiores aos tratamentos areia ou adubo. Em condições controle, esse aumento foi, em média, de 204 e 16%, respectivamente, e em condições de déficit hídrico, de 313 e 24% (Figura 4B).

Para a MST os valores significativamente mais elevados foram observados em plantas fertilizadas com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo

superiores à média dos tratamentos areia ou adubo. Em condições controle, esse aumento foi, em média, de 223 e 29%, respectivamente, e em condições de déficit hídrico, de 320 e 36% (Figura 4C).

Figura 4. Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

Observa-se que os tratamentos contendo EDT a 180 Kg de N ha⁻¹ e 240 Kg de N ha⁻¹ interferem na produção de matéria seca das plantas de girassol. Este fato pode estar ligado à elevada concentração de nitrogênio presente no substrato, causando o fenômeno de toxicidade nas plantas. Em solos inadequadamente drenados, o excesso de nitrogênio pode se converter em íons amônio (NH⁴⁺), que podem ser tóxicos para os vegetais em concentrações elevadas (Da Silva Filho *et al.*, 2021).

Segundo Sá *et al.* (2023), a produção de matéria seca está diretamente ligada à disponibilidade de água para o vegetal. Em condições de déficit hídrico observam-se diminuição no desenvolvimento e na expansão celular, o que pode gerar redução do crescimento da planta. Além disso, ocorrem diversas alterações fisiológicas e bioquímicas na fotossíntese, na respiração, na absorção de nutrientes e no metabolismo dos carboidratos (Farooq *et al.*, 2008).

Dessa forma, observa-se no presente trabalho, que houve reduções de MSPA, MSR e MST nas plantas que foram submetidas à suspensão de irrigação, demonstrando que o estresse influenciou negativamente o crescimento. Além disso, alguns estudos demonstraram resultados benéficos da adição de resíduos orgânicos ao solo. Vitto *et al.* (2022), observaram que a adição do resíduo orgânico influenciou positivamente na produtividade da massa seca da parte aérea do milho. Silva *et al.* (2014), demonstraram que a mistura de substrato comercial e composto orgânico de lixo urbano possibilitou elevação na produção de matéria seca de mudas de *Eucalyptus grandis*. Saldanha e Ribeiro (2021), constataram influência significativa do uso do composto orgânico no desenvolvimento da cultura da alface, aumentando os valores de massa seca da planta.

Contudo, na literatura não há relatos sobre o uso de resíduos da escama de tilápia sobre o crescimento de plantas de girassol. Entende-se que a aplicação do EDT ao substrato, principalmente na concentração de 120 Kg de N ha⁻¹ tenha ocasionado incremento no crescimento dos vegetais devido à melhoria de propriedades químicas do solo e alta disponibilidade de nutrientes. Além disso, por se tratar de um resíduo com aspecto sólido, acredita-se que as consequências de uma provável lixiviação também sejam minimizadas no substrato, possibilitando elevada disponibilidade para a planta.

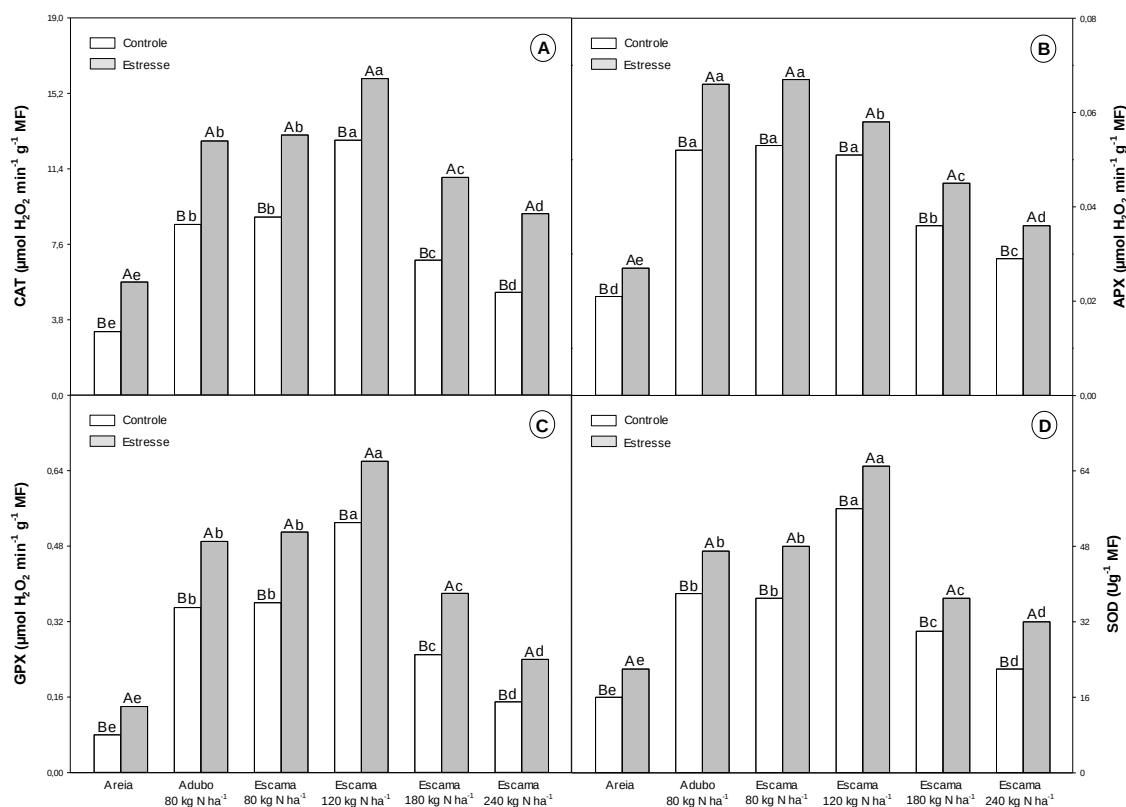
É importante destacar que os solos presentes no semiárido brasileiro, de maneira geral, são pouco férteis, com baixas disponibilidade de nitrogênio e matéria orgânica. Por sua vez, o EDT, contem elevados teores de compostos orgânicos e nutrientes, possibilitando sua atuação no aumento da capacidade de troca de cátions e na neutralização da acidez do solo. Assim, o uso do EDT poderia elevar a produtividade, a qualidade agrícola e diminuir os custos de produção.

As plantas possuem estratégias adaptativas para enfrentar o déficit hídrico, manifestando respostas fisiológicas e bioquímicas. Um desses mecanismos é o fechamento estomático precoce, no qual os estômatos nas folhas são fechados para reduzir a perda de água por evapotranspiração. Embora essa resposta seja crucial para conservar a água interna da planta, pode resultar na geração de espécies reativas de oxigênio (EROs). A produção excessiva de EROs pode causar estresse oxidativo, danificando as células e, em última instância, levando à morte da planta. Em reação a esse cenário, as plantas desenvolveram um sistema antioxidativo. Esse sistema engloba a produção de antioxidantes de baixo peso molecular, como vitamina C e E, além de enzimas antioxidativas como superóxido dismutase, catalase e peroxidase (Braga *et al.*, 2017).

Essas enzimas antioxidativas desempenham um papel crucial na neutralização das EROs, convertendo-as em formas menos prejudiciais. Dessa forma, as plantas possuem um sistema complexo de regulação que equilibra o fechamento estomático precoce e a produção de EROs com as defesas antioxidativas, permitindo sua sobrevivência e aclimação a condições de déficit hídrico. Diante do exposto, foram determinadas as atividades das principais enzimas antioxidativas relacionadas na resposta ao estresse abiótico, a catalase (CAT), a dismutase do superóxido (SOD), a peroxidase do ascorbato (APX) e a peroxidase do guaiacol (GPX). No presente trabalho, foram detectadas atividades de enzimas antioxidativas em todos os tratamentos realizados, com exceção da enzima catalase (CAT) nas raízes (Kunz; Da Silva, 2023).

Para os resultados encontrados sobre as enzimas antioxidativas nas folhas, observou-se que para todas as variáveis analisadas em seus respectivos tratamentos, os maiores valores foram observados em plantas submetidas ao déficit hídricos (Figura 5).

Figura 5. Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

A atividade da CAT nas folhas mostrou-se mais elevada nas plantas que cresceram em substrato contendo EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ (Figura 5A). Sob condições controle, a atividade da CAT nas folhas foi 302 e 49% superior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos areia e adubo, respectivamente. Já sob condições de déficit hídrico, a atividade da CAT nas folhas foi 179 e 24% superior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos areia e adubo, respectivamente.

A maior atividade da APX nas folhas foi verificada em condições de déficit hídrico no tratamento contendo EDT a 80 Kg de N ha⁻¹, apresentando-se estatisticamente igual ao tratamento adubo, e sendo superior 148% em comparação ao tratamento areia (Figura 5B).

Sob condições controle, a atividade da GPX nas folhas foi maior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo 488 e 51% superior do que o tratamento areia e adubo, respectivamente. Sob condições de déficit hídrico, a

superioridade desse tratamento foi de 371 e 34% superior do que o tratamento areia e adubo, respectivamente (Figura 5C).

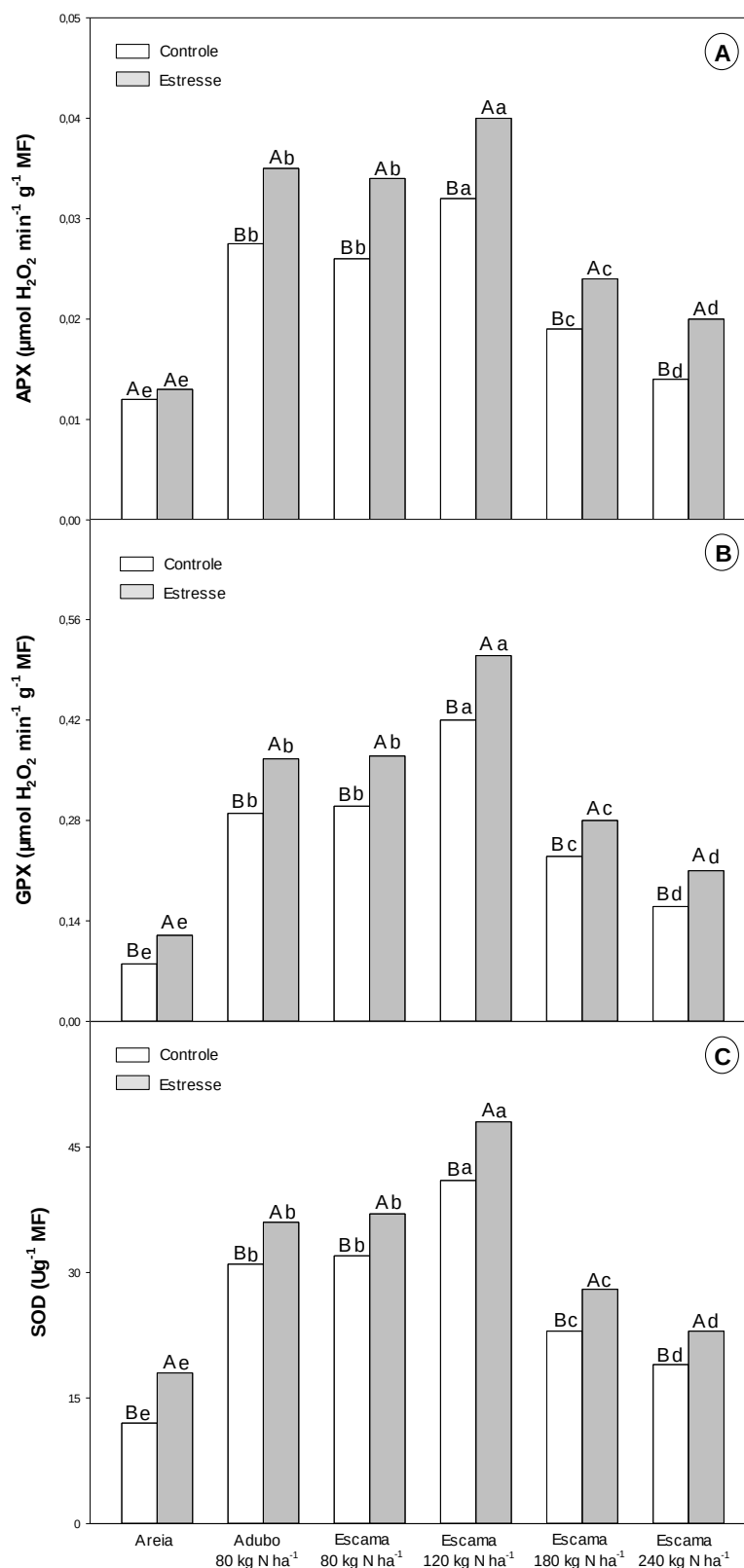
Tanto em condições controle como de déficit hídrico, a atividade da SOD nas folhas se mostrou mais elevada nas plantas que cresceram em substrato contendo EDT a 120 Kg de N ha⁻¹. Sob condições controle, a atividade da SOD nas folhas foi 250 e 47% superior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos areia e adubo respectivamente. Já sob condições de déficit hídrico, a atividade da SOD nas folhas foi 195 e 38% superior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos areia e adubo respectivamente (Figura 5D).

Observou-se que o déficit hídrico ocasionou aumento na atividade da APX nas raízes das plantas independentemente do substrato, excetuando-se o tratamento areia. A maior atividade da APX nas raízes foi verificada em condições de déficit hídrico no tratamento contendo EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, apresentando-se estatisticamente superior em 207 e 14% em comparação ao tratamento areia e adubo, respectivamente. Sob condições controle, a superioridade desse tratamento foi de 166 e 16% superior do que o tratamento areia e adubo, respectivamente (Figura 6A).

De modo geral, a atividade da GPX nas raízes também foi mais elevada para o tratamento EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, sendo este 425 e 44% superiores, respectivamente, em relação ao tratamento areia e adubo, sob condições controle. Adicionalmente, em condições de estresse, foram 325 e 39%, respectivamente maiores do que o tratamento areia e adubo (Figura 6B).

Verificou-se que a imposição de déficit hídrico ocasionou incremento na atividade da SOD nas raízes das plantas crescendo nos diferentes substratos. Constatou-se ainda que o tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, em condições de déficit hídrico, apresentou valores 166 e 33% superiores aos do tratamento areia e adubo, respectivamente. Já sob condições controle, a atividade da SOD nas raízes foi 241 e 32% superior no tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos areia e adubo, respectivamente (Figura 6C).

Figura 6. Atividade das enzimas peroxidase do ascorbato - APX (A), peroxidase do guaiacol - GPX (B) e superóxido dismutase - SOD (C) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

Outros trabalhos também já constataram o aumento na atividade de enzimas antioxidativas em plantas de girassol sob condições de déficit hídrico, como na pesquisa realizada por Nunes *et al.* (2017), onde os autores verificaram elevada atividade das enzimas em folhas e raízes de plântulas de girassol suplementadas com percolato de aterro sanitário sob condições de déficit hídrico. De Sousa Ferreira *et al.* (2023), demonstraram aumentos de atividade das enzimas nas plantas de girassol, em presença ou ausência de déficit hídrico, submetidas a adição de Na_2SeO_3 na concentração de $0,8 \text{ mg L}^{-1}$.

Dentre as formas de defesa das plantas contra estresses ambientais, observa-se a existência de um eficiente sistema antioxidativo para manter o equilíbrio entre a formação e a remoção de EROs do ambiente intracelular (Barbosa *et al.*, 2014).

Nesse contexto, no presente trabalho, os aumentos nas atividades das enzimas antioxidativas verificados nos vegetais submetidos ao déficit hídrico em relação aqueles que receberam irrigação constante, podem promover melhoria no crescimento e desenvolvimento das plantas sob condições adversas. Além disso, observa-se que os maiores aumentos em atividade foram encontrados nas plantas submetidas aos tratamentos contendo EDT. Isto pode ser correlacionado à melhoria do crescimento encontrado nestas plantas em relação aquelas crescendo em substrato contendo areia ou adubo e também submetidas ao déficit hídrico. Assim, esses resultados comprovam os efeitos benéficos do uso de EDT no cultivo de plantas de girassol sob condições controle e de escassez hídrica.

CONCLUSÕES

O reaproveitamento do resíduo de escama de tilápia (EDT) na forma de biofertilizante orgânico demonstrou-se eficaz para ser aplicado em plantas de girassol, submetidas a irrigação constante ou ao déficit hídrico. De forma geral, destacou-se que sob condições experimentais empregadas, a dosagem ideal para o EDT é na concentração a $120 \text{ Kg de N ha}^{-1}$.

Por possuir uma fácil e rápida metodologia de aplicação, reduzido custo, sugere-se assim o uso de EDT como fertilizante. Além disso, ressalta-se a possibilidade do reaproveitamento do resíduo, mitigando diretamente impactos

ambientais e sociais envolvidos, bem como, contribuindo para uma sociedade cada vez mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da piscicultura**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-emaquicultura/publicacoes/anuario-peixebr-da-piscicultura>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BACELAR, R. G. A.; MURATORI, M. C. S. Utilização de resíduos de filetagem de tilápia na tecnologia de alimentos: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 263-278, 2020.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P.; TAHIM, E. F.; TENÓRIO, R. A.; MUEHLMANN, L. D.; SILVA, F. M.; BARRETTO, L. E. G. D. S.; HEIN, G.; CARMO, F. J.; FLORES, R. M. V. **Dimensão socioeconômica da tilapicultura no Brasil**. EMBRAPA, 1ª ed, 2018.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BRAGA, B. B.; GONDIM, F. A.; JUNIOR, F. H. N.; DE OLIVEIRA P., 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 déficit hídrico. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 591-605, 2017.

DA SILVA COSTA, F. R.; DE MOURA, L. F.; DE BRITO ALBUQUERQUE, L.; LIMA, T. L. A.; DE BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Crescimento e atividade enzimática de plântulas de girassol sob déficit hídrico cultivadas com resíduo industrial em diferentes granulometrias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 358-365, 2021.

DA SILVA FILHO, J. C. F.; BATALHA, J. A. B.; LIMA, R. K. A.; MELO, R. S.; DOS SANTOS MATOS, S.; DO NASCIMENTO, N. M.; DUTRA, A. F.; DA SILVA JÚNIOR, G. Excess ammonium causes toxicity in watermelon and cucumber plants grown in nutrient solution. **Científica**, v. 49, n. 3, p. 144-151, 2021.

DE SOUSA FERREIRA, G.; ADERALDO, F. Í. C.; DE SOUSA FILHO, E. D. N. DE ABREU LIMA, T.; DE BRITO, P. O. B.; BARBOSA, R. M.; DE CARVALHO, G. T.; GONDIM, F. A. Selênio em girassol sob estresse e atividade enzimática. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 16648-16663, 2023.

DE SOUSA, P. G. R.; VIANA, T. V. A.; CARVALHO, C. M. D.; SILVA, L. S. D.; BRASIL, S. O. S.; AZEVEDO, B. M. D. Desempenho agrônômico do sorgo em função de lâminas de irrigação e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 8, p. 2194-2205, 2017.

DOS SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 836-842, 2012.

DOS SANTOS, J. C. C.; DA SILVA, C. H.; DOS SANTOS, C. S.; SILVA, C. D. S.; MELO, E. B.; BARROS, A. C. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, p. 151-156, 2014.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. D. P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2657-2668, 2012.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Cultivar de girassol BRS 323**, 2014. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1295001/cultivar-de-girassol-brs-323>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M. A.; WAHID, A.; CHEEMA, Z. A.; CHEEMA, M. A.; KHALIQ, A. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.194, n.5, p.325-333, 2008.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; DE PAULA PROTÁSIO, T.; DA SILVA VIANA, R.; SCATOLINO, M. V. Produção brasileira de pellets de biomassa agroflorestal. **Energia na Agricultura**, v. 37, n. 1, p. 30-38, 2022.

GHALY, A. E.; RAMAKRISHNAN, V. V.; BROOKS, M. S.; BUDGE, S. M.; DAVE, D. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: A critical review. **J. Microb. Biochem. Technol**, v. 5, n. 4, p. 107-129, 2013.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry, Paris**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

HAVIR, E.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalases in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. **Perfil municipal 2017 Maracanaú**. Secretaria do Planejamento e Gestão - SEPLAG. Fortaleza: IPECE: SEPLAG, 2017. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

IRVING, L. J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v.5, p. 1116–1134, 2015.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 11, p. 1-6, 2009.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KUNZ, K.; DA SILVA, L. D. S. L. Antioxidantes com potencial efeito fotoprotetor: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Biomedicina**, v. 3, n. 2, 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Ecofisiologia**. In: RODRIGUES, J. A. S. Cultivo do sorgo, sistema de produção. 5ª ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MILLER, G. A. D.; SUZUKI, N.; CIFTCI-YILMAZ; S. U.L. T. A. N.; MITTLER, R. O. N. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell & Environment, Oxford**, v. 33, n. 4, p. 453-467, 2010.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant & Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NASCIMENTO, M. D. S.; PEREIRA, S. J. B.; DOS SANTOS, R. F.; VIEIRA, A. M. Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 11, p. 1-7, 2018.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 929-937, 2011.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 929-937, 2011.

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 déficit hídrico. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 71-86, 2017.

PÁSCHOA, J. C. V. D. **Diferentes fontes de carbono em compostagem, utilizando resíduos da filetagem da tilápia**. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, 2022.

SÁ, L. C. D.; LAZAROTTO, M.; AVRELLA, E. D.; HILGERT, M. A.; FIOR, C. S. Déficit hídrico e salino no crescimento inicial de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Pesquisa florestal brasileira, Colombo**. v. 43, p. 11, 2023.

SALDANHA, C. F.; RIBEIRO, K. D. Eficácia do composto de cama de frango como adubo orgânico no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido. **Sustentare**, v. 5, n. 1, p. 49-62, 2021.

SANTOS, J. C. C.; SILVA, C. H.; SANTOS, C. S.; SILVA, C. S.; MELO, E. B.; BARROS, A. C. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.1, p.151-156, 2014.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão-mansão irrigado com água residuária sob condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 621-629, 2011.

SILVA, R. F.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.

TAVARES, A. T.; VAZ, J. C.; HAESBAERT, F. M.; REYES, I. D. P.; ROSA, P. H. L.; FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, I. R. Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. **Agri-Environmental Sciences**, v. 5, 2019.

TEODORO, J. C.; KRABBE, E. L.; DE AVILA, V. S.; COSTA, A. P. G. C.; BEZERRA, N. S.; VINHAGA, C. Desidratação de resíduos de peixes como forma de agregação de valor e sustentabilidade ambiental. Simpósio Brasileiro Sobre Gerenciamento dos Resíduos Agropecuários e Agroindústrias. **Anais**, 2019.

VITTO, D.; GUIMARÃES, V. F.; DE OLIVEIRA, P. S. R.; JUNIOR, R. C.; DA SILVA, A. S. L.; HOSCHIED, A. R. S. Produção e produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* fertilizado com cama de frango. **Nativa**, v. 10. n. 4, p. 477-485, 2022.

WULLSCHLEGER, S. D.; YIN, T. M.; DIFAZIO, S. P.; TSCHAPLINSKI, T. J.; GUNTER, L. E.; DAVIS, M. F. Phenotypic variation in growth and biomass distribution for two advanced-generation pedigrees of hybrid poplar. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, p. 1779-1789, 2005.

ZANIBONI-FILHO, E.; PEDRON, J. D. S.; RIBOLLI, J. (2018). Opportunities and challenges for fish culture in Brazilian reservoirs: a review. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 2018.

EXPERIMENTO II**ARTIGO 3**

(Artigo submetido para a Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 2024)

Escama de tilápia como fertilizante aumenta os teores de solutos orgânicos e diminui os efeitos deletérios do déficit hídrico em plantas de girassol

Tilapia scale as a fertilizer increases organic solute contents and reduces the deleterious effects of drought stress on sunflower plants

RESUMO: O Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais de tilápia, mas o aumento significativo na produção dessa espécie, fundamental para a indústria pesqueira global, acarreta desafios e impactos ambientais consideráveis. A expressiva geração de resíduos provenientes da criação de tilápia emerge como uma preocupação ambiental significativa associada à expansão da aquicultura. Diante desse cenário, este estudo objetivou avaliar o crescimento e a produção de solutos orgânicos em plantas de girassol sujeitas a condições de déficit hídrico e cultivadas com adubação proveniente de escamas de tilápia (EDT). O experimento foi conduzido em ambiente controlado, utilizando vasos com duas plantas, organizados em um arranjo fatorial 2x6. Os fatores incluíram dois regimes hídricos (irrigação diária e suspensão da irrigação aos 20 dias após a semeadura) e seis substratos distintos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina; 2) Areia + Adubo comercial a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹. A utilização de escama de tilápia (EDT) como biofertilizante orgânico ocasionou aumento nos teores de solutos orgânicos, principalmente sob condições de déficit hídrico. Essa circunstância pode ter contribuído, pelo menos parcialmente para atenuar os efeitos deletérios do déficit hídrico no crescimento das plantas. A concentração ideal de EDT foi identificada como sendo de 120 kg de nitrogênio por hectare.

Palavra-chave: Psicultura; Resíduos; Estresse Abiótico, Tecnologia limpa.

ABSTRACT: Brazil stands out as one of the world's main producers of tilapia, but the significant increase in the production of this species, essential for the global fishing industry, brings considerable challenges and environmental impacts. The significant generation of waste from tilapia farming emerges as a significant environmental concern associated with the expansion of aquaculture. Given this scenario, this study aimed to evaluate the plant growth and production of organic solutes in sunflower plants subjected to drought stress conditions and cultivated with fertilizer from tilapia scales (EDT). The experiment was conducted in a controlled environment, using pots with two plants, organized in a 2x6 factorial arrangement. The factors included two water regimes (daily irrigation and suspension of irrigation 20 days after sowing) and six different substrates: 1) 100% (by volume) fine-grained sand; 2) Sand + Fertilizer at 80 kg N ha⁻¹; 3) Sand + EDT at 80 kg N ha⁻¹; 4) Sand + EDT at 120 kg N ha⁻¹; 5) Sand + EDT at 180 kg N ha⁻¹; 6) Sand + EDT at 240 kg N ha⁻¹. The use of tilapia scale (EDT) as an organic biofertilizer caused an increase in organic solute levels, especially under water stress conditions. This circumstance may have contributed, at least partially, to attenuating the deleterious effects

of drought stress on plant growth. The ideal EDT concentration was identified as 120 kg of nitrogen per hectare.

Keywords: Pisciculture; Waste; Abiotic Stress, Clean Tecnology.

INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) emerge como uma espécie de destaque tanto na aquicultura brasileira quanto mundial (Dos Santos *et al.*, 2023). No contexto nacional, o Brasil desfruta de condições propícias para o cultivo massivo da tilápia, incluindo uma extensa disponibilidade hídrica, um clima favorável e a presença de diversas espécies aquáticas alinhadas aos interesses mercadológicos globais (Silva, 2023).

A produção de tilápia no Brasil atingiu 550.060 toneladas em 2022, consolidando o país como o 4º maior produtor mundial, atrás apenas da China, Indonésia e Egito (Peixe BR, 2023). Esse sucesso é reflexo não apenas da demanda interna crescente, mas também da posição estratégica do Brasil como um fornecedor significativo no mercado internacional de pescado (Carneiro *et al.*, 2022).

O alto consumo de tilápia, impulsionado pelo seu papel proeminente na indústria pesqueira global, apresenta desafios e impactos ambientais significativos. A alta geração de resíduos provenientes da produção de tilápia é uma grande preocupação ambiental associada à expansão da aquicultura. Este fenômeno está intrinsecamente ligado ao manejo intensivo dos viveiros de cultivo e aos subprodutos da produção de peixes em larga escala.

Entre os resíduos resultantes da criação da tilápia, destaca-se especialmente o as escamas, que representam uma significativa parte do material residual gerado durante o manejo da espécie (Ghaly *et al.*, 2013). As escamas são abundantemente produzidas, uma vez que não são destinadas ao consumo e estão presentes em praticamente toda a extensão da pele do peixe (Caldato; Da Silva; Zatta, 2019). Dessa forma, para alcançar práticas mais sustentáveis na cadeia produtiva da tilápia é de suma importância implementar técnicas de reaproveitamento deste material residual.

Uma possível forma de reaproveitamento dos resíduos de escama é na forma de biofertilizante orgânico para o cultivo de plantas como o girassol (*Helianthus annuus* L.). O girassol desempenha um papel importante na produção de biocombustíveis. Suas sementes, ricas em óleo, são uma matéria-prima eficiente na produção de biodiesel, contribuindo para a busca por fontes de energia mais sustentáveis (Santos; De Melo;

Laurentino, 2021). Sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas e solos favorece seu cultivo em diversas regiões do mundo, tornando-o uma cultura versátil e significativa tanto para a agricultura quanto para o ambiente ornamental (Oliveira, 2021).

Além disso, acredita-se que o uso do resíduo da escama no cultivo do girassol pode conferir à planta uma maior nutrição e, conseqüente tolerância aos desafios do déficit hídrico, ampliando suas capacidades aclimatativas e, por conseguinte, contribuindo para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e ecologicamente responsáveis.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou analisar a viabilidade da utilização de escamas de tilápia (EDT) como biofertilizante orgânico para o cultivo de plantas de girassol submetidas ao déficit hídrico, avaliando-se o percentual de germinação; a produção de matéria fresca da raiz (MFR), da parte aérea (MFPA), e total (MFT); e teores de prolina, carboidratos e proteínas solúveis nas folhas e raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Maracanaú, o ambiente possui condições climáticas típicas do semiárido nordestino. A área em questão possui um clima tropical quente sub-úmido, caracterizado por um inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). Foram utilizadas sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) BRS 323, cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do escritório Londrina-PR.

Na composição dos substratos, foi utilizada areia de granulometria fina, peneirada em malha de 5 mm, com acréscimo de escama de tilápia (EDT), obtidos em colaboração com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), pelo Laboratório de Tecnologia do Pescado do município de Pentecoste, Ceará.

Após retirada da tilápia, as escamas passaram por um processo de desidratação ao ar livre por aproximadamente três horas, seguido por uma etapa de secagem em uma estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60 °C, durante um período de 24 horas. Ao término da fase de secagem, as escamas foram reduzidas em tamanho utilizando um liquidificador industrial de alta velocidade fabricado em aço inoxidável (Skymssen). Por fim, todo o material resultante foi sujeito à peneiragem através de uma

malha de cinco milímetros, culminando na obtenção de um pó fino proveniente das escamas.

Posteriormente, para a composição dos substratos de cultivo, analisou-se os teores de nitrogênio total (N) no material EDT, de acordo com o Malavolta *et al.* (1997). Após a análise, observou-se que o material continha de 44,5 g.kg⁻¹ de N. A quantidade de EDT misturada e uniformemente distribuída ao substrato foi de 9 gramas por vaso, visando alcançar uma concentração de 80 kg de nitrogênio por hectare em cada recipiente, conforme recomendado para o cultivo de girassol pela EMBRAPA (2014).

Depois de serem submetidas à assepsia com hipoclorito de sódio a 1,5% durante cinco minutos, as sementes de girassol foram lavadas com água corrente, secas e posteriormente semeadas em vasos plásticos de 5 litros preenchidos com areia.

O planejamento experimental adotado foi totalmente casualizado, composto por dez repetições, sendo cada repetição representada por um vaso contendo duas plantas. Os vasos foram organizados em um arranjo fatorial 2x6, composto por dois tratamentos hídricos (com irrigação e com irrigação suspensa aos 20 Dias Após a Semeadura - DAS) e seis tipos de substratos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina; 2) Areia + Adubo comercial a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Escama de tilápia (EDT) a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹. A incorporação de EDT ao substratos foi realizada de acordo com a concentração de nitrogênio, seguindo os tratamentos mencionados anteriormente.

O adubo utilizado no experimento foi fornecido pela BioAdubo Fertilizantes e Defensivos Agrícolas. O produto é composto por uma mistura de vários resíduos, apresentando uma concentração de 11,8 g.kg⁻¹ de nitrogênio.

Ao longo do experimento, procedeu-se com a irrigação diária dos vasos mantendo-os a 70% de sua capacidade de campo, utilizando um regador manual sendo repostado o volume de água evapotranspirado. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), a irrigação foi interrompida para metade das plantas em cada um dos seis tratamentos (início do déficit hídrico). Uma única coleta foi realizada aos 28 DAS, após oito dias sob suspensão de irrigação.

Aos 13 DAS, realizou-se a determinação do percentual de germinação conforme a Equação 1 proposta por Laborial e Valadares (1976).

$$\%E = (E1/E) \times 100 \text{ (Eq.1)}$$

Onde: %E = percentagem de emergência, E1 = número total de plântulas emergidas, E = número total de sementes semeadas.

As plantas do experimento foram coletadas aos 28 DAS para avaliação da produção de matéria fresca da raiz (MSR), da parte aérea (MFPA) e total (MFT). Após a colheita, o material foi higienizado e separado em raízes, caules e folhas. Em seguida, cada componente (raiz, caule e folha) foi pesado individualmente em uma balança analítica para obtenção das medidas de matéria fresca usando-se balança analítica. Destaca-se que a parte aérea de planta foi mensurada pelo somatório do caule, pecíolos e folhas.

Para realizar as análises dos teores de solutos orgânicos e proteínas solúveis, foram preparados extratos a partir de folhas e raízes frescas. Procedeu-se maceração de 1 g de matéria fresca em nitrogênio líquido. Em seguida, adicionaram-se 4,0 mL de tampão fosfato de potássio a 100 mM, pH 7,0, contendo 0,1 mM de EDTA. O macerado foi filtrado através de tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 12000 x g por 15 minutos, conforme descrito por Gondim *et al.* (2012).

Os solutos orgânicos de baixo peso molecular analisados incluíram prolina, carboidratos e proteínas solúveis. Os teores de prolina foram determinados pelo método de Bates *et al.* (1973), utilizando-se o reagente de ninhidrina ácida, seguido de leituras de absorbância em 520 nanômetros e usando-se curva padrão com concentração crescente de prolina. Os carboidratos solúveis foram analisados pelo método de Dubois *et al.* (1956), utilizando o reagente fenol-ácido sulfúrico, com leituras de absorbância a 490 nanômetros e D-glicose como padrão. Os teores de proteínas solúveis foram determinados pelo método de Bradford (1976), utilizando o reagente Coomassie Brilliant Blue G-250, com leituras de absorbância a 595 nanômetros e albumina sérica bovina como padrão.

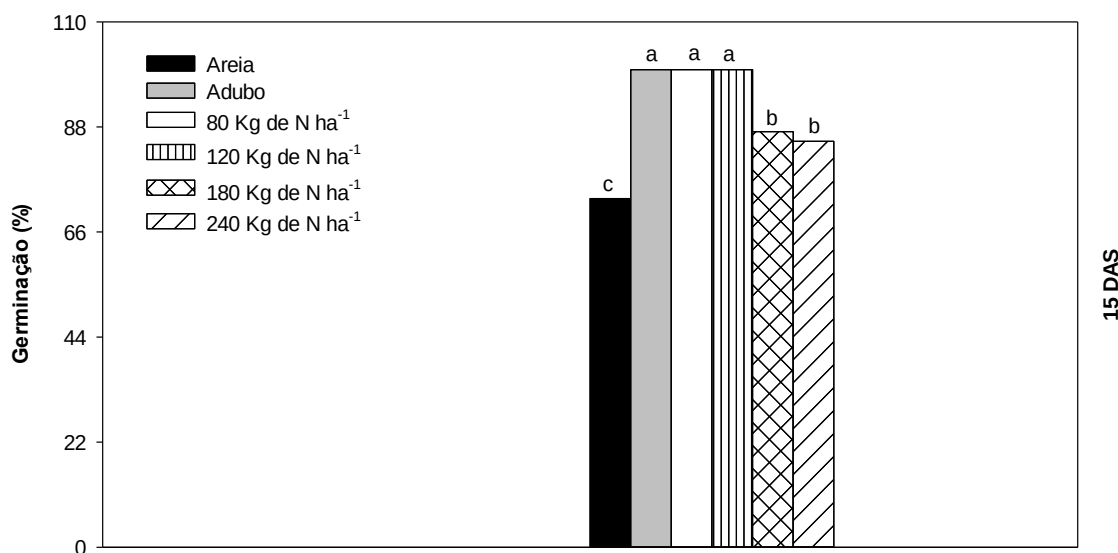
Para a análise estatística, foi conduzida uma análise de variância (ANOVA), seguida pela comparação das médias por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR 5.8. Os resultados estatísticos foram representados por letras inseridas nos gráficos, em que letras maiúsculas indicam diferenças significativas em relação ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os diferentes substratos (tratamentos mencionados anteriormente), conforme determinado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os gráficos foram elaborados no programa Sigma Plot 14.0, e a tabela foi criada no microsoft Excel 2022.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta dois conjuntos de dados relativos ao percentual de germinação das plantas de girassol. Observou-se que aos 13 dias após a semeadura (DAS),

os tratamentos contendo adubo, EDT a 80 kg de N ha⁻¹ e EDT a 120 kg de N ha⁻¹ alcançaram 100% de germinação, sem diferenças estatisticamente significativas entre si. Em média, esses tratamentos foram 36% superiores ao tratamento com areia (Figura 1).

Figura 1: Percentual de germinação de plantas de girassol aos 15 DAS em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹ irrigados diariamente.



Fonte: Próprios autores, 2023.

A germinação das plantas é um estágio crucial no ciclo de vida vegetal, assinalando o ponto inicial do desenvolvimento de uma nova planta a partir de uma semente. Este processo é intrinsecamente moldado por uma diversidade de fatores capazes de impactar de forma positiva ou negativa o êxito da germinação. Dentre esses fatores, destacam-se a disponibilidade de água, as condições de temperatura ambiente e a composição do substrato do solo (Lima *et al.*, 2021).

Os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, desempenham um papel fundamental não apenas no crescimento posterior, mas também no processo de germinação. Assim, a justificativa para a taxa de 100% de germinação observada nas plantas submetidas a uma dosagem específica de nitrogênio é clara quando comparada às plantas sujeitas apenas ao substrato de areia, as quais não conseguiram atingir seu potencial máximo de germinação. Isso destaca a importância direta da presença adequada desses nutrientes desde as fases iniciais do ciclo de vida da planta.

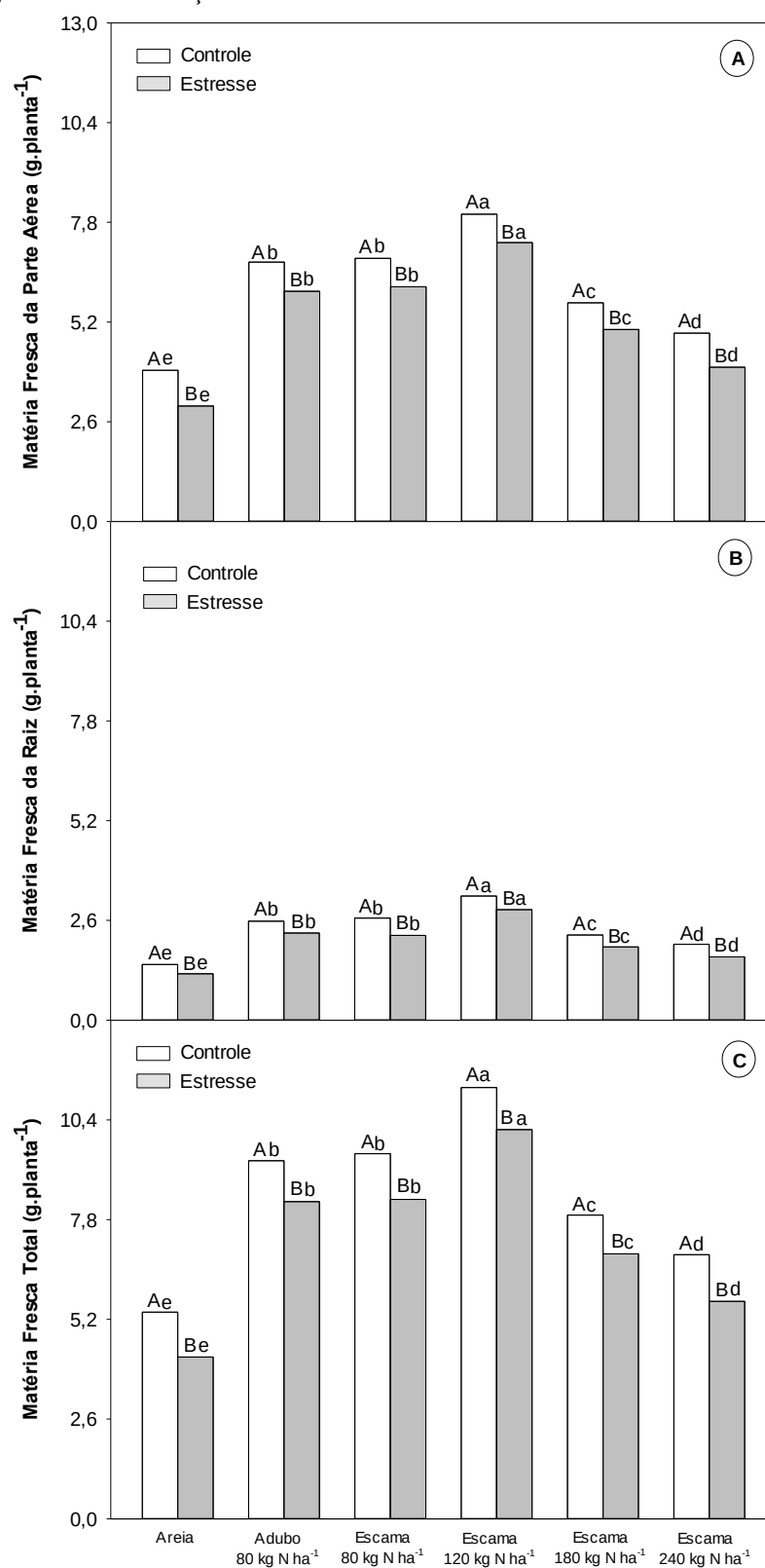
Observa-se que a suspensão da irrigação resultou em uma diminuição nas variáveis de matéria fresca da parte aérea (MFPA), das raízes (MSR) e total (MST). No

que tange à MFPA, destacou-se que as plantas cultivadas em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹ demonstraram os maiores rendimentos, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições normais de irrigação, esse incremento foi, em média, de 103% e 18%, respectivamente, enquanto em condições de déficit hídrico, atingiu valores de 141% e 21%, como ilustrado na Figura 2A.

Quanto à MFR, os resultados mais expressivos foram observados nas plantas submetidas ao tratamento com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, superando os tratamentos com areia ou adubo. Sob condições normais de irrigação, essa elevação média foi de 132% e 25%, respectivamente, enquanto em situações de escassez de água atingiu valores de 138% e 26%, conforme representado na Figura 2B.

No que concerne à MFT, os valores significativamente mais elevados foram registrados em plantas fertilizadas com EDT a 120 Kg de N ha⁻¹, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições de controle, esse aumento médio foi de 108% e 20%, respectivamente, e em cenários de déficit hídrico, alcançou percentuais de 140% e 22%, conforme evidenciado na Figura 2C.

Figura 2. Matéria fresca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

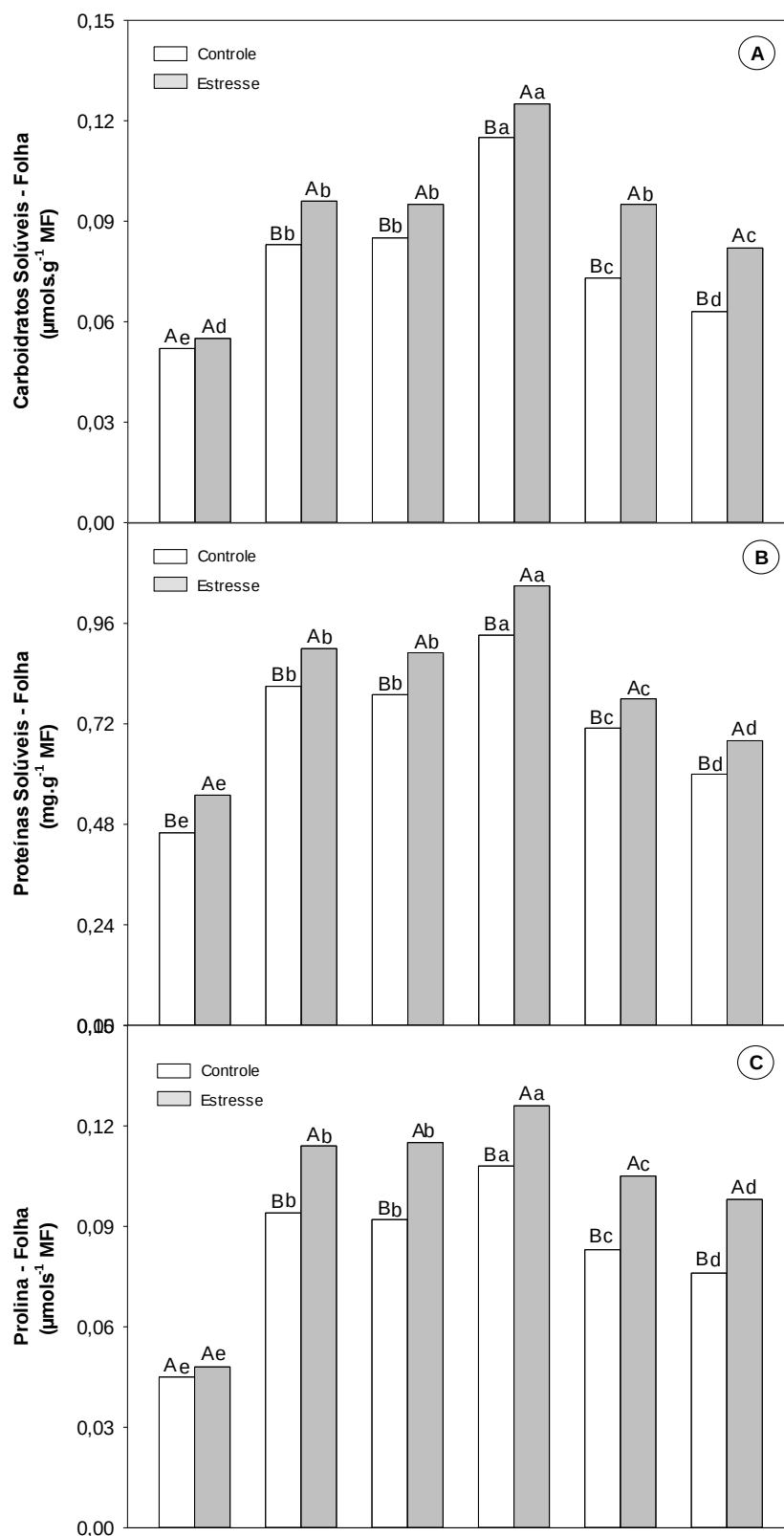
A complexa interação entre diversos fatores desempenha um papel crucial na determinação da quantidade de matéria fresca que uma planta pode acumular (Ribeiro *et al.*, 2012). A compreensão dessas influências torna-se essencial para otimizar a produção vegetal em distintos contextos agrícolas. Os resultados do presente experimento evidenciam que a escassez de água resulta na diminuição da matéria fresca em plantas de girassol, ao passo que um fornecimento adequado de água favorece o desenvolvimento vegetal (Júnior; De Oliveira Neto, 2021).

A Figura 3 exibe os teores de solutos orgânicos presentes nas folhas de plantas de girassol submetidas a diferentes substratos irrigadas ou com irrigação suspensa. Nota-se que a interrupção da irrigação resultou em um acréscimo nos níveis de prolina, carboidratos e proteínas solúveis nas folhas. Em relação aos carboidratos solúveis nas folhas, é notável que as plantas cultivadas em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹ apresentaram os maiores valores, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições normais de irrigação, essa elevação média foi de 121 e 39%, respectivamente, enquanto em condições de déficit hídrico, atingiu valores de 127 e 30%, como demonstrado na Figura 3A.

No que concerne às proteínas solúveis nas folhas, os resultados mais expressivos foram observados nas plantas submetidas ao tratamento com EDT a 120 kg de N ha⁻¹, ultrapassando os tratamentos com areia ou adubo. Sob condições normais de irrigação, essa elevação média foi de 103% e 15%, respectivamente, enquanto em situações de escassez de água atingiu valores de 91% e 17%, conforme representado na Figura 3B.

Quanto à prolina nas folhas, os valores significativamente mais altos foram registrados em plantas fertilizadas com EDT a 120 kg de N ha⁻¹, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições de controle, esse aumento médio foi de 140 e 15%, respectivamente, e em cenários de déficit hídrico, alcançou percentuais de 163 e 11%, conforme evidenciado na Figura 3C.

Figura 3. Carboidratos solúveis (A), proteínas solúveis (B) e prolina (C) em folhas de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



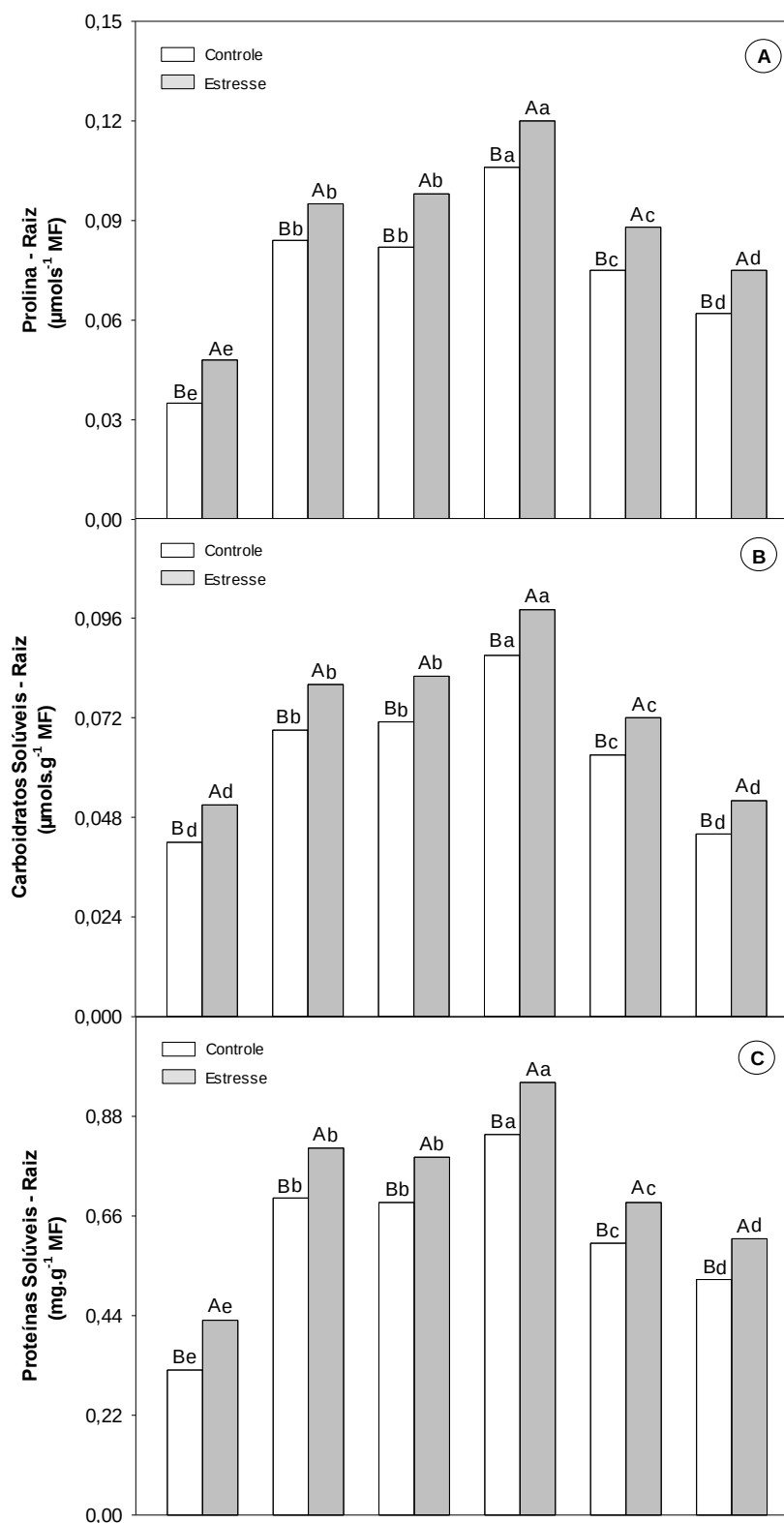
Fonte: Próprios autores, 2023.

A Figura 4 destaca os teores de solutos orgânicos encontrados nas raízes de plantas girassol, sujeitas a diferentes substratos após 28 (DAS). É perceptível que a interrupção da irrigação conduziu a um aumento nos teores de prolina, carboidratos e proteínas solúveis nas raízes. No que diz respeito aos carboidratos solúveis nas raízes, merece destaque que as plantas cultivadas em substratos contendo EDT a 120 kg de N ha⁻¹ apresentaram os rendimentos mais elevados, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições normais de irrigação, esse aumento médio foi de 107 e 26%, respectivamente, enquanto em situações de déficit hídrico, atingiu valores de 92 e 23%, conforme ilustrado na Figura 4B.

No tocante às proteínas solúveis nas raízes, as observações mais notáveis foram feitas nas plantas submetidas ao tratamento com EDT a 120 kg de N ha⁻¹, ultrapassando os tratamentos com areia ou adubo. Sob condições normais de irrigação, esse acréscimo médio foi de 163 e 20%, respectivamente, enquanto em condições de escassez de água atingiu valores de 122 e 18%, como representado na Figura 4C.

No que se refere à prolina nas raízes, os valores significativamente mais altos foram registrados em plantas fertilizadas com EDT a 120 kg de N ha⁻¹, superando a média dos tratamentos com areia ou adubo. Em condições de controle, esse aumento médio foi de 203 e 26%, respectivamente, e em cenários de déficit hídrico, atingiu percentuais de 150 e 26%, como evidenciado na Figura 4A.

Figura 4. Prolina (A), carboidratos solúveis (B) e proteínas solúveis (C) em raízes de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit 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: Próprios autores, 2023.

A reação das plantas ao déficit hídrico frequentemente implica uma série de ajustes bioquímicos e moleculares destinados a atenuar os impactos adversos da escassez de água (Santos, 2012). O aumento nos teores de proteínas solúveis em plantas durante condições de déficit hídrico representa uma dessas aclimações e pode ser associado à diversos fatores, tais como proteção contra desidratação, regulação da homeostase proteica e modificações metabólicas (Costa, 2021).

Neste experimento, observou-se que o déficit hídrico desencadeou o aumento nos teores de carboidratos solúveis como parte de um mecanismo aclimatativo. Esses carboidratos atuam como osmorreguladores, desempenhando um papel crucial na manutenção da pressão osmótica celular e na mitigação da perda de água das células (Barros, 2022). Importante ressaltar que as plantas submetidas às concentrações mais elevadas de escamas de tilápia apresentaram as respostas mais robustas em termos de produção de carboidratos solúveis, evidenciando claramente o papel significativo das escamas como uma estratégia de atenuação do estresse nas plantas.

A síntese de prolina em plantas submetidas a déficit hídrico constitui uma estratégia multifuncional fundamental, com o propósito de aprimorar a habilidade de sobrevivência e a resistência vegetal diante de condições desfavoráveis de disponibilidade hídrica. Essa resposta desempenha uma função essencial na preservação da integridade celular, otimizando processos fisiológicos e contribuindo para a manutenção do equilíbrio homeostático em contextos de escassez de água (Ozturk *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de escama de tilápia (EDT) como biofertilizante orgânico ocasionou aumento nos teores de solutos orgânicos, principalmente sob condições de déficit hídrico. Essa circunstância pode ter contribuído, pelo menos parcialmente, para atenuar os efeitos deletérios do déficit hídrico no crescimento das plantas. A concentração ideal de EDT foi identificada como sendo de 120 kg de nitrogênio por hectare.

Devido à sua fácil obtenção e aplicação, custo acessível e eficácia comprovada, recomenda-se a utilização do EDT como fertilizante. Além disso, destaca-se a viabilidade do reuso desse resíduo, não só pela imediata redução dos impactos ambientais e sociais correlatos, mas também pela contribuição para a edificação de uma sociedade mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da piscicultura**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-emaquicultura/publicacoes/anuario-peixebr-da-piscicultura>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BARROS, Y. L. D. **Influência da sazonalidade sob o acúmulo de osmorreguladores em *Pavonia varians* Moric, espécie endêmica da Caatinga**. Universidade Federal Rural do Pernambuco. Monografia. Recife, 2022.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Determinação rápida de prolina livre para estudos de déficit hídrico. **Planta e solo**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

CALDATO, K.; DA SILVA, F. K. N.; ZATTA, L. Gelatina extraída de escamas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas no município de Pato Branco: caracterizações e comparações com amostras comerciais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 13, n. 1, 2019.

CARNEIRO, C. J.; BRUM, A. L.; THESING, N. J.; PROCHNOW, D. A. Cadeia produtiva da piscicultura: um olhar para a evolução da tilapicultura no Brasil. **Revista Perspectiva**, v. 46, n. 175, p. 25-34, 2022.

COSTA, L. F. S. **Respostas morfofisiológicas e bioquímicas de uma espécie exótica e uma nativa da caatinga, sob diferentes condições de disponibilidade hídrica**. Universidade Federal Rural do Pernambuco. Recife, 2021.

DOS SANTOS, E.; CUTRIM, J. G. S.; LIMA, J. G. B.; NETO, L. C. D. J. F.; WAMMES, J. L. D. S.; DE AMORIM CARVALHO, J. C. Exportação da Tilápia: as dificuldades e os benefícios Na exportação da tilápia brasileira no comércio e exterior. **Revista do CEDS**, v. 3, v. 12, 2023.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. T.; SMITH, F. Método colorimétrico para determinação de açúcares e substâncias relacionadas. **Química analítica**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Cultivar de girassol BRS 323**, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1295001/cultivar-de-girassol-brs-323>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GHALY, A. E.; RAMAKRISHNAN, V. V.; BROOKS, M. S.; BUDGE, S. M.; DAVE, D. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: A critical review. **J. Microb. Biochem. Technol**, v. 5, n. 4, p. 107-129, 2013.

GONDIM, F. A. **Pré-tratamento foliar com H₂O₂ como estratégia para minimizar os efeitos deletérios da salinidade em plantas de milho**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

JÚNIOR, S. A. U.; DE OLIVEIRA NETO, S. S. Respostas morfológicas de cultivares de alface sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 351-366, 2021.

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. Academia Brasileira de Ciências. **Anais**, v. 48, p. 174 – 186, 1976.

LIMA, Z. C. M.; CARDOSO, S. C.; DOS SANTOS, L. G.; PEIXOUTO, L. S. Germinação de mamoneira em diferentes combinações de vermiculita e composto orgânico Castor oil plant germination in different combinations of vermiculite and organic compost. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 102042-102051, 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

OLIVEIRA, L. P. D. **Qualidade fisiológica e teor do óleo bruto de sementes de *Helianthus Annus* L. durante o armazenamento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde, 2021.

OZTURK, M.; TURKYILMAZ UNAL, B.; GARCÍA-CAPARRÓS, P.; KHURSHEED, A.; GUL, A.; HASANUZZAMAN, M. Osmoregulation and its actions during the drought stress in plants. **Physiologia plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1321-1335, 2021.

RIBEIRO, C. A. D.; DO PRADO COSTA, M.; DE SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 161-16, 2012.

SANTOS, C. M. G. **Fisiologia e metabolismo da videira cv. Syrah no Submédio do Vale do São Francisco sob três estratégias de irrigação**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

SANTOS, L. O.; DE MELO, G. F.; LAURENTINO, J. V. A. Estudo e análise das principais e alternativas oleaginosas para produção de biodiesel: uma revisão integrativa. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 2, p. 81-99, 2021.

SILVA, J. A. D. **Caracterização da aquicultura familiar nas mesorregiões: Marajó e nordeste paraense, Amazônia oriental-Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2023.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos realizados, constatou-se que a adição de escama de tilápia (EDT) ao cultivo de plantas de girassol promoveu melhorias significativas no crescimento das plantas, tanto em condições controle (com irrigação) quanto em situações de déficit hídrico.

No primeiro experimento, foi conduzida uma análise comparativa entre diferentes concentrações de EDT para o cultivo de girassol. Os resultados indicaram que, nas condições experimentais empregadas, a aplicação de EDT resultou em incrementos nas variáveis de crescimento analisadas, tais como altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, teor de clorofila, percentual de germinação e matérias secas da parte aérea, raiz e total, destacando-se a concentração de EDT a 120 Kg de N ha⁻¹ como a mais eficaz.

Entretanto, uma lacuna surgiu em relação à possibilidade de concentrações ainda maiores beneficiarem ainda mais o girassol. Assim, no segundo experimento, foram aplicadas concentrações mais elevadas de EDT, a 180 Kg de N ha⁻¹ e 240 Kg de N ha⁻¹. Este segundo experimento não apenas buscou confirmar a concentração ideal de EDT para o cultivo de girassol, mas também avaliar as respostas das plantas ao déficit hídrico. Os resultados revelaram que o reaproveitamento do resíduo de escama de tilápia na forma de biofertilizante orgânico é eficaz para plantas de girassol, tanto sob irrigação constante quanto em condições de déficit hídrico.

Conclui-se que a dosagem ideal de EDT, de acordo com as condições experimentais, é de 120 Kg de N ha⁻¹. A fácil e rápida aplicação, baixo custo e eficácia destacam o EDT 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, a aplicação de escama de tilápia como fertilizante para o cultivo de girassol demonstrou efeitos positivos no crescimento das plantas. Recomenda-se a utilização de EDT na dosagem de 120 Kg de N ha⁻¹ no substrato. Este estudo evidenciou ainda que a escama de tilápia (*Oreochromis niloticus*) pode atuar como um mitigador dos efeitos deletérios do déficit hídrico no cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L.).

7. ANEXOS

Imagem 1: Publicação do Artigo 1.

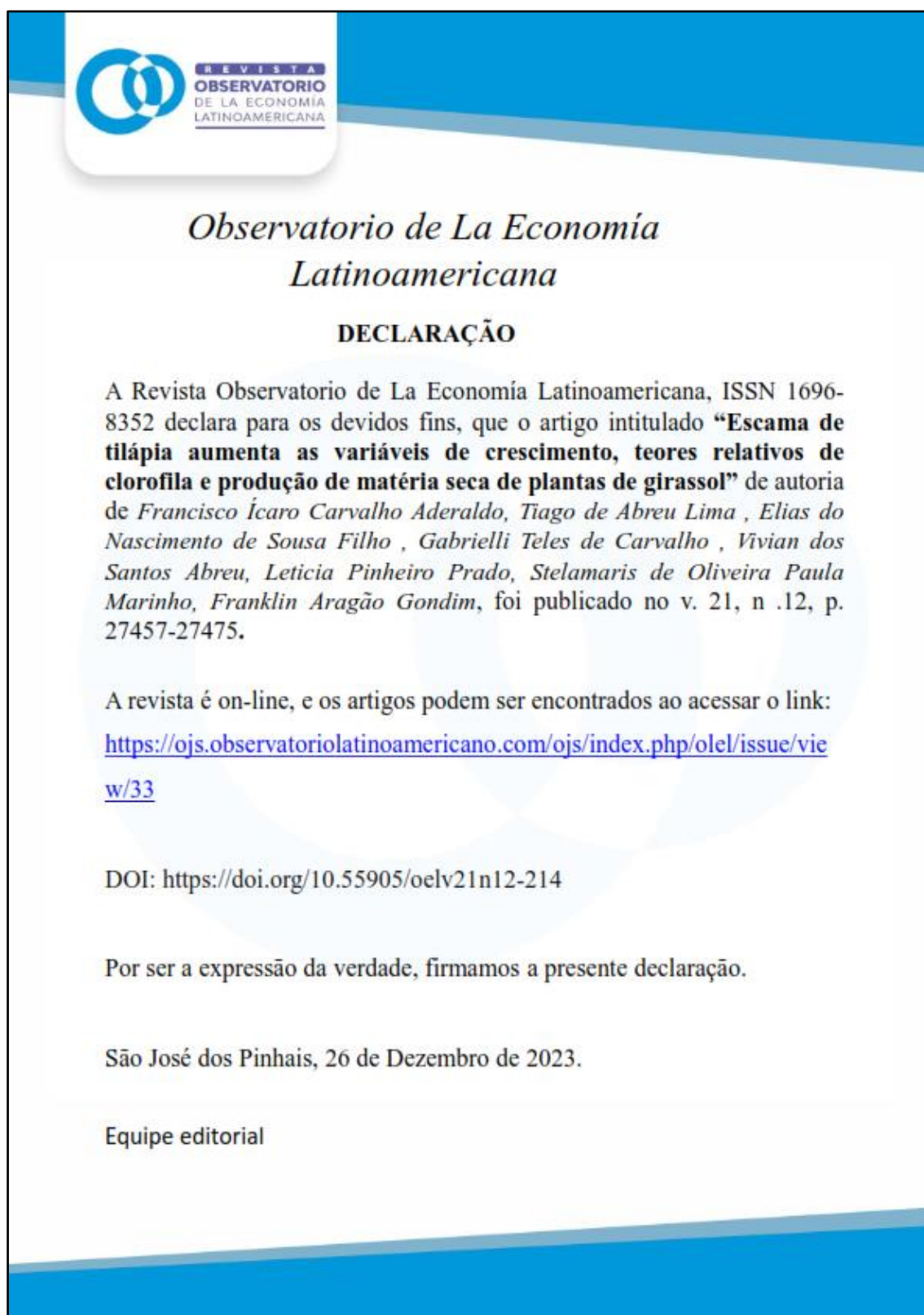


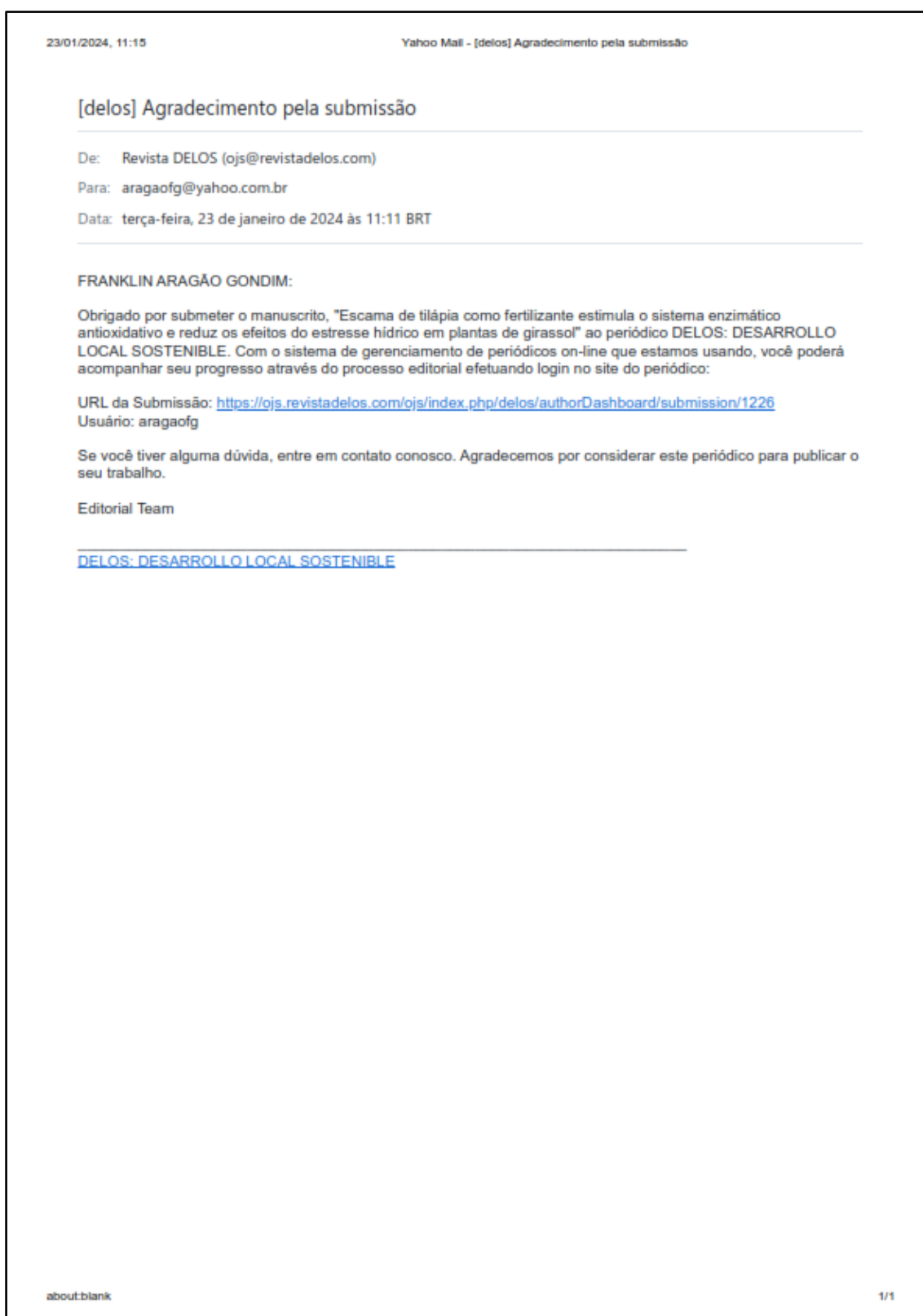
Imagem 2: Comprovante de submissão do artigo 2.

Imagem 3: Comprovante de submissão do artigo 3.