

Escama de tilápia como fertilizante aumenta solutos orgânicos e reduz estresse hídrico em girassóis

Tilapia scales as fertilizer increase organic solutes and reduce water stress in sunflowers

Francisco Ícaro Carvalho Aderaldo¹, Tiago de Abreu Lima², Elias do Nascimento de Sousa Filho³, Vivian do Santos Abreu⁴, Stelamaris de Oliveira Paula Marino⁵, Franklin Aragão Gondim⁶

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 estresse 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 estresse hídrico. Essa circunstância pode ter contribuído, pelo menos parcialmente para atenuar os efeitos deletérios do estresse hídrico no crescimento das plantas. A concentração ideal de EDT foi identificada como sendo de 120 kg de nitrogênio por hectare.

Palavras-chave: Estresse abiótico; Piscicultura; Resíduos sólidos; 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 water stress on plant growth. The ideal EDT concentration was identified as 120 kg of nitrogen per hectare.

Keywords: Abiotic stress; Aquaculture; Clean technology; Solid waste.

¹ Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP), São Carlos (SP), Brasil.

² Mestrando em Energias Renováveis pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Maracanaú (CE), Brasil.

³ Mestrando em Energias Renováveis pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Maracanaú (CE), Brasil.

⁴ Graduanda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Maracanaú (CE), Brasil.

⁵ Doutora em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Pós-doutoranda no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC, Brasil.

⁶ Doutor em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Maracanaú (CE), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) emerge como uma espécie de destaque tanto na aquicultura brasileira quanto mundial (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; 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; 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 estresse 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 estresse 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.

2 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 subúmido, 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 (Skymesen). 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 (2013).

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 repostos 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 estresse

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).

$$\%E = \frac{E_1}{E} \times 100 \quad (1)$$

Em que %E é o percentual de emergência; E_1 é o número total de plântulas emergidas, E é o 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 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 12.000 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 ninidrina ácida, seguido de leituras de absorvância em 520 nanômetros e usando-se como padrão a prolina. Os carboidratos solúveis foram analisados pelo método de Dubois *et al.* (1956), utilizando o reagente fenol-ácido sulfúrico, com leituras de absorvância 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 absorvância 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.

3 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.

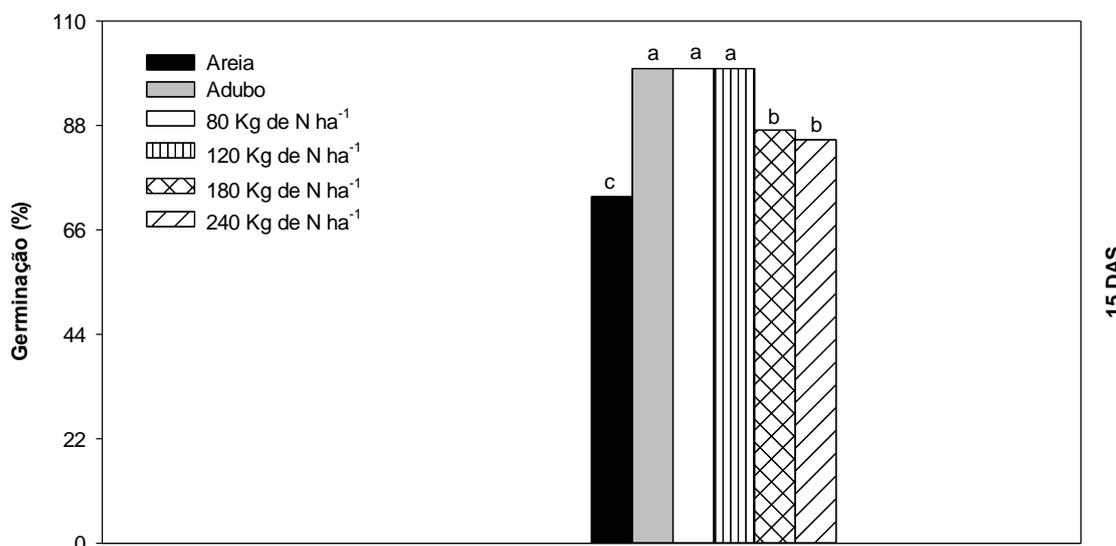


Figura 1. Percentual de germinação de plantas de girassol aos 13 DAS em vasos contendo: 1) Areia; 2) Areia + adubo a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + EDT a 80 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + EDT a 120 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + EDT a 180 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + EDT a 240 kg de N ha⁻¹ irrigados diariamente

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 estresse hídrico, atingiu valores de 141% e 21%, (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% (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 estresse hídrico, alcançou percentuais de 140% e 22% (Figura 2c).

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).

Na Figura 3, apresenta-se 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 estresse hídrico, atingiu valores de 127 e 30% (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% (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 estresse hídrico, alcançou percentuais de 163 e 11% (Figura 3c).

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 estresse hídrico, atingiu valores de 92 e 23% (Figura 4a).

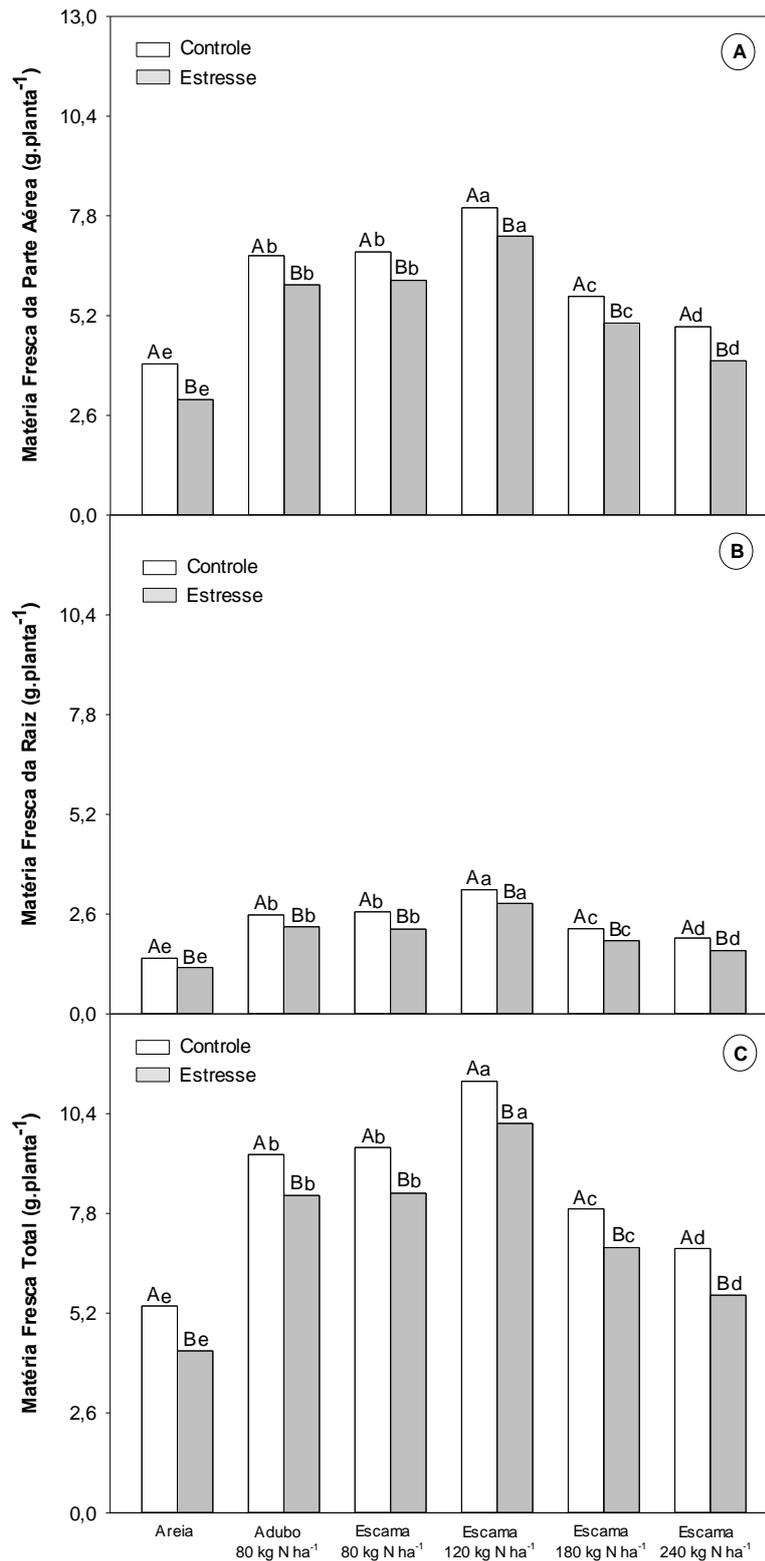


Figura 2. Matéria fresca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (estresse hídrico). As letras maiúsculas indicam 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 ($p \leq 0,05$)

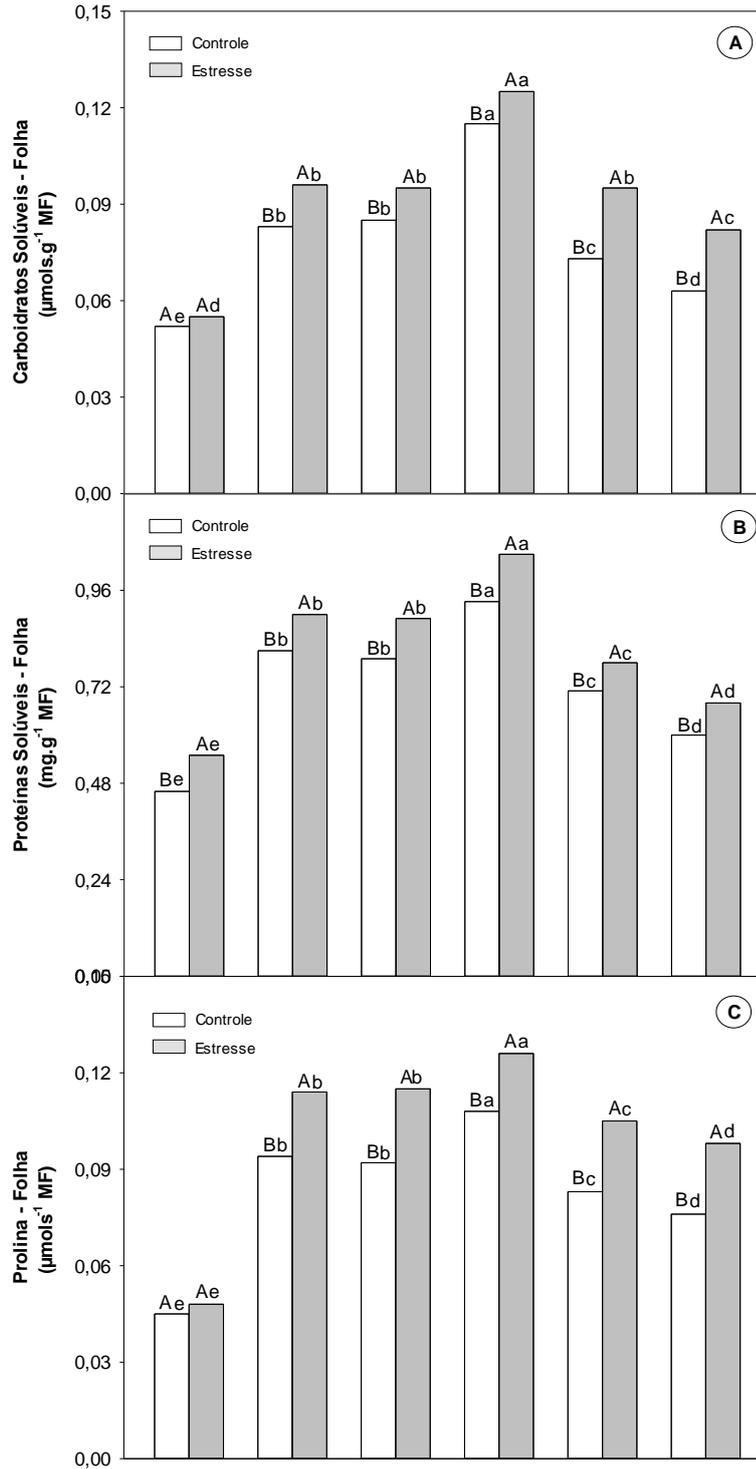


Figura 3. Carboidratos solúveis (A), proteínas solúveis (B) e prolina (C) em folhas de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS.

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 ($p \leq 0,05$)

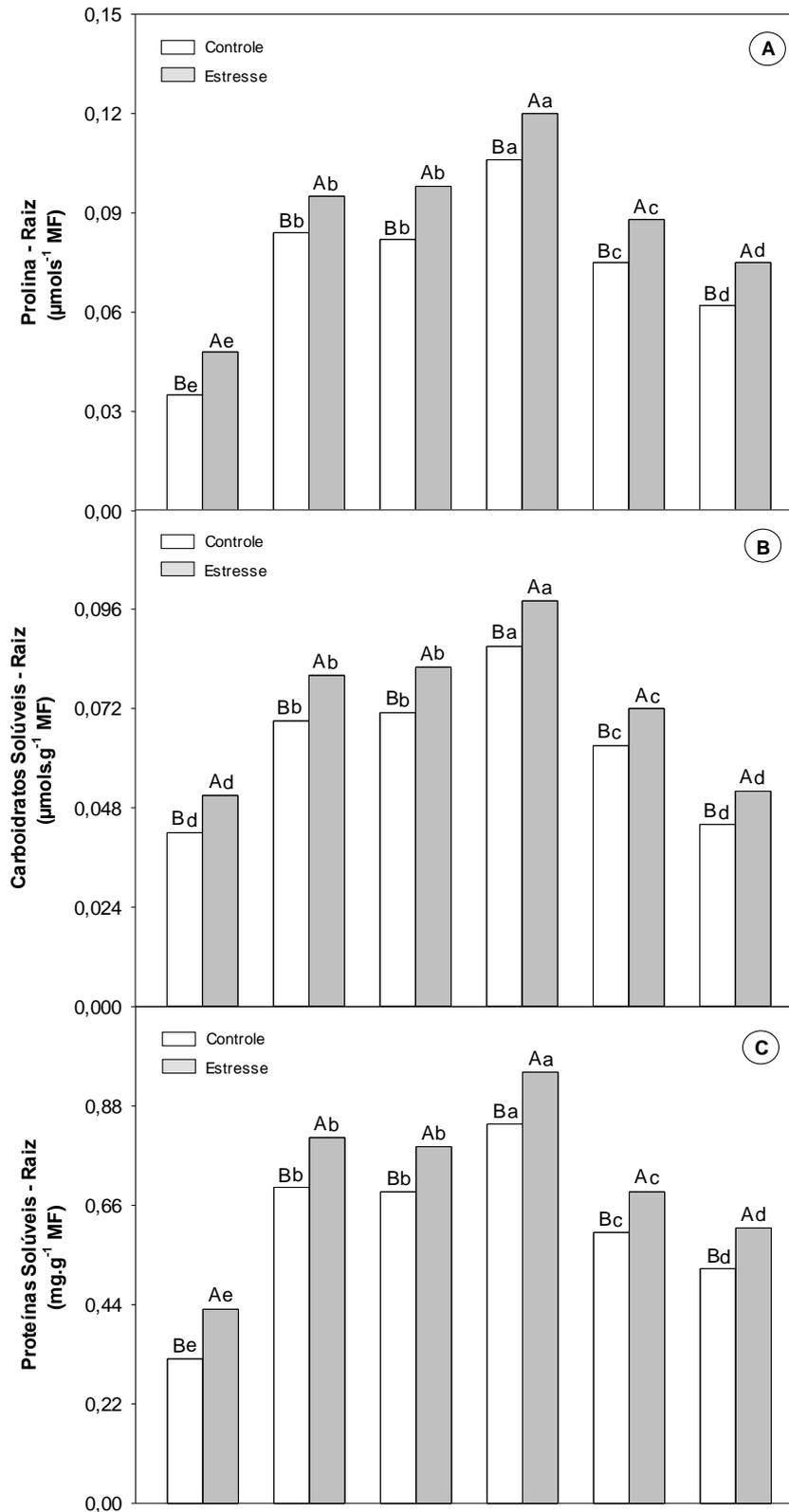


Figura 4. Carboidratos solúveis (A), proteínas solúveis (B) e prolina (C) em raízes de plantas de girassol fertilizadas com areia, adubo ou escamas de tilápia em diferentes concentrações aos 28 DAS.

Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (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 ($p \leq 0,05$)

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% (Figura 4b).

No que se refere 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 203 e 26%, respectivamente, e em cenários de estresse hídrico, atingiu percentuais de 150 e 26% (Figura 4c).

A reação das plantas ao estresse 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 estresse 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 estresse 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 um mecanismo de redução do estresse nas plantas.

A síntese de prolina em plantas submetidas a estresse 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).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de escama de tilápia (EDT) como biofertilizante orgânico ocasionou aumento nos teores de solutos orgânicos, principalmente sob condições de estresse hídrico. Essa circunstância pode ter contribuído, pelo menos parcialmente, para atenuar os efeitos deletérios do estresse 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.

BARROS, Y. L. D. **Influência da sazonalidade sob o acúmulo de osmorreguladores em *Pavonia varians Moric*, espécie endêmica da Caatinga**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2022.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018060>.

BRADFORD, M. M A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).

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. <http://dx.doi.org/10.3895/rbta.v13n1.8386>.

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. <https://doi.org/10.31512/persp.v.46.n.175.2022.223.p.25-34>.

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

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. <https://doi.org/10.1038/168167a0>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivar de girassol BRS 323**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

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. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, v. 5, n. 4, p. 107-129, 2013. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000110>.

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

URBANO JÚNIOR, S. A.; 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. <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n3p351-366>.

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, 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. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-025>.

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**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - 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. <https://doi.org/10.1111/ppl.13297>.

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. <https://doi.org/10.5380/rev.v42i1.26312>

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

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.

SANTOS, L. O.; 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. <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.002.0008>.

SILVA, J. A. D. **Caracterização da aquicultura familiar nas mesorregiões: Marajó e nordeste paraense, Amazônia oriental-Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2023.