

EFICIÊNCIA QUÂNTICA DO FOTOSSISTEMA II EM MUDAS DE UMBUZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E DIFERENTES SUBSTRATOS

Celso Fellype Rodrigues Andrade¹, Kleyton Karlos Correia dos santos¹, Tainá Alves da Silva², Rebeka dos anjos Oliveira¹, Natalia Pimentel Esposito Polesi³, Marcos Eric Barbosa Brito⁴

RESUMO: O umbuzeiro é endêmico do semiárido, sendo necessária, na produção de mudas, o uso de irrigação, o que é limitado pela qualidade da água em poços, normalmente salobras, podendo-se identificar, ao estudar a fluorescência da clorofila a, a saúde do aparato fotossintético foliar, identificando-se, quando se cultiva em diferentes substratos, a condição de estresse das plantas. Assim, objetivou-se quantificar a eficiência quântica do fotossistema II em mudas de umbuzeiro sob salinidade da água quando cultivadas em substratos a base de lodo de esgoto. Para tanto, realizou-se um experimento em ambiente protegido, usando o delineamento de blocos casualizados, no qual se estudou a aplicação de água com cinco níveis de salinidade (0,14, 1,5, 3,0, 4,5 a 6,0 dS/m) em mudas de umbuzeiro produzidas em seis diferentes substratos, repetidos em quatro blocos. Avaliou-se a fluorescência da clorofila na fase escura obtendo-se os dados de F_0 , F_m , F_v e F_v/F_m , quando as plantas estavam aptas ao transplante ao campo, sendo os dados submetidos a análises de variância e análise de regressão para a salinidade e teste de médias para os substratos. O substrato 2, que possui 30% de lodo de esgoto e 40% de casca de coco proporciona melhor condicionamento fotoquímico às plantas, mesmo sob salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Spondias tuberosa*, Salinidade da água de irrigação, fisiologia

¹ Graduando a em Engenharia Agronômica, Departamento de Engenharia Agronômica (DEAS), Campus do Sertão, Universidade Federal de Sergipe (UFS), CEP 49680-000, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil, e-mail: fellype307@gmail.com;

² Mestranda em Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe (UFS);

³ Profa. Doutora, Depto. Educação em Ciências Agrárias e da Terra, UFS-Campus do Sertão, Nossa Sra. da Glória – SE;

⁴ Prof. Dr. DEAS, CAMPUSSER, UFS, SE, Bolsista de produtividade do CNPq.

PHOTHOSSISTEM II QUANTIC EFFICIENCY IN UMBU TREE SEEDLINGS UNDER SALINE STRESS AND DIFFERENT SUBSTRATES

ABSTRACT: The umbu tree is endemic to the Brazilian semi-arid region, and its seedling production requires irrigation. However, this process is limited by the quality of water from wells, which is usually brackish. Chlorophyll a fluorescence analysis can be used to assess the physiological status of the leaf photosynthetic apparatus, enabling the detection of plant stress when grown in different substrates. This study aimed to quantify the quantum efficiency of photosystem II in umbu tree seedlings irrigated with saline water and grown in substrates containing sewage sludge. An experiment was conducted under protected conditions using a randomized complete block design. The treatments consisted of irrigation water with five salinity levels ($0.14, 1.5, 3.0, 4.5$, and 6.0 dS m^{-1}) and six different substrate formulations, with four replications. Chlorophyll fluorescence parameters in the dark-adapted state (F_0 , F_m , F_v , and F_v/F_m) were measured when seedlings reached the transplant stage. Data were subjected to analysis of variance, regression analysis for salinity effects, and mean comparison tests for substrate effects. Substrate 2, composed of 30% sewage sludge and 40% coconut husk fiber, provided the best photochemical conditioning to plants.

KEYWORDS: *Spondias tuberosa*, Irrigation salinity water, phisiology.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo e da água constituem problemas de conotação mundial, pois ocasionam redução no crescimento e na produção de plantas, em especial àquelas consideradas sensíveis, ocasionando efeitos de ordem osmótica e/ou iônica, o que geram redução na absorção de água e nutrientes, provendo o desequilíbrio fisiológico e nutricional às plantas (Santos et al., 2020; Sá et al., 2021).

O problema da salinidade, per se, é ainda mais notório em regiões áridas e semiáridas, pois nestas áreas o balanço hídrico é negativo, ou seja, o potencial de evapotranspiração é maior que a precipitação, fazendo com que ocorra o acúmulo naturais de sais após as perdas de água, tal fato, ainda, é potencializado pela irrigação, que introduz sais ao solo, mesmo quando se tem fontes de água com baixos teores de sais em sua concentração (Fernandes et al., 2024). Diante do fato, encontrar alternativas de cultivo sob condições de salinidade torna-se essencial para otimizar o uso da água, verificando-se no cultivo de espécies frutíferas do semiárido, como o

Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), que possui valor econômico agregado (Moreira et al., 2021), potencial para a condição.

No processo de identificação do potencial de tolerância das plantas, é importante que se estude todas as fases de desenvolvimento, uma vez que a intensidade do estresse é variável com essas condições (Brito et al., 2021). Uma das fases a se estudar o estresse em plantas de umbuzeiro é a de produção de mudas, que é a base para que se tenha a implantação de um pomar com qualidade produtiva, tal produção necessita da irrigação, uma vez que as plantas, mesmo de espécies nativas, necessitam de suprimento hídrico, já que o déficit de água pode ocasionar diminuição na frequência da abertura estomática e fotossíntese (Usman et al., 2022; Soares et al., 2023).

Para garantir a produção de mudas de qualidade, deve-se atentar, ainda, para os substratos usados como insumos, que podem influenciar diretamente na qualidade da muda, verificando-se na fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) e no uso de lodo de esgoto tratado materiais alternativos para a confecção dos substratos e condições de emergência e de expressão do vigor do embrião (Silva et al., 2018; Mota et al., 2021).

A identificação de uma melhor composição de substrato e o nível de salinidade da água passível de ser usado na produção de mudas de umbuzeiro pode ser observado avaliando a eficiência quântica do fotossistema II, variável não destrutiva que pode gerar informações que norteiem a tomada de decisão sobre a condição de saúde do aparato fotossintético.

Assim, objetivou-se quantificar a eficiência quântica do fotossistema II em mudas de umbuzeiro sob salinidade da água quando cultivadas em substratos a base de lodo de esgoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido (casa de vegetação) da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, localizado no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, SE, entre os meses de setembro de 2024 e fevereiro de 2025.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de parcelas subdivididas, sendo estudados, na parcela, cinco níveis de salinidade da água de irrigação, correspondentes as condutividades elétricas da água (CEa) de 0,14 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 3,0 dS m⁻¹, 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹. Já na subparcela foram preparados quatro substratos à base de lodo de esgoto tratado e casca de coco triturada, além de solo local, de modo a possibilitar o uso de resíduos sólidos e otimizar o sistema de produção de mudas, adicionou-se,

ainda, dois substratos comercial, um a base de casca de pinus, humus e vermiculita, e outro usado na produção de mudas de Spondias no viveiro de mudas da Chesf, estando descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Detalhamento da formulação dos diferentes substratos utilizados no experimento

Substrato	Proporções Dos Componentes
Comercial Tropstrato®	composto por casca de pinus, humus e vermiculita
1	50% de casca de coco, 20% de lodo de esgoto e 30% de solo local
2	40% de casca de coco, 30% de lodo de esgoto e 30% de solo local
3	30% de casca de coco, 40% de lodo de esgoto, 30% de solo local
4	20% de casca de coco, 50% de lodo de esgoto e 30% de solo local
5	Substrato usado pelo viveiro da Chesf - Al

As águas de irrigação foram provenientes da mistura de águas do Rio São Francisco e de poço tubular localizado no município de Nossa Senhora da Glória, até se obter as águas com as condutividades elétricas desejadas. A irrigação foi realizada de forma manual, com uso de um Becker graduado, sendo o volume determinado por meio de balanço hídrico, obtido por lisimetria de pesagem, adicionando-se uma fração de lixiviação (FL) de 10%. Até os 90 dias após a semeadura (DAS) as mudas receberam águas com baixa condutividade elétrica, água do São Francisco, a partir deste período, foram aplicadas águas com os diferentes níveis de condutividade elétrica até as plantas estarem aptas ao transplante, que ocorreu aos 180 dias após a semeadura.

A fluorescência da clorofila a foi analisada utilizando-se de um Fluorímetro de pulso modulado modelo OS30P da Opti Science, afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (Fo), a fluorescência máxima (Fm), a fluorescência variável (Fv), a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) e a. O que ocorreu após adaptação das folhas ao escuro por um período 40 minutos, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivessem oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.

Os dados foram submetidos a análise de variância, seguido por análise de regressão polinomial para a salinidade e teste de médias (Tukey) entre os substratos, usando-se o software Sisvar, todos até 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade ocasionou efeitos diferentes nas plantas e umbuzeiro quando cultivada em diferentes substratos, observando-se, nas plantas cultivadas no substrato 1, que possui 50% de casca de coco, 20% de lodo de esgoto e 30% de solo e no substrato 2, que possuem 40% de casca de coco, 30% de lodo de esgoto e 30% de solo, aumento na eficiência quântica do fotossistema II (Figura 1), resultado também observado com o aumento da salinidade nas plantas cultivadas no substrato comercial a base casca de pinus, humus e vermiculita.

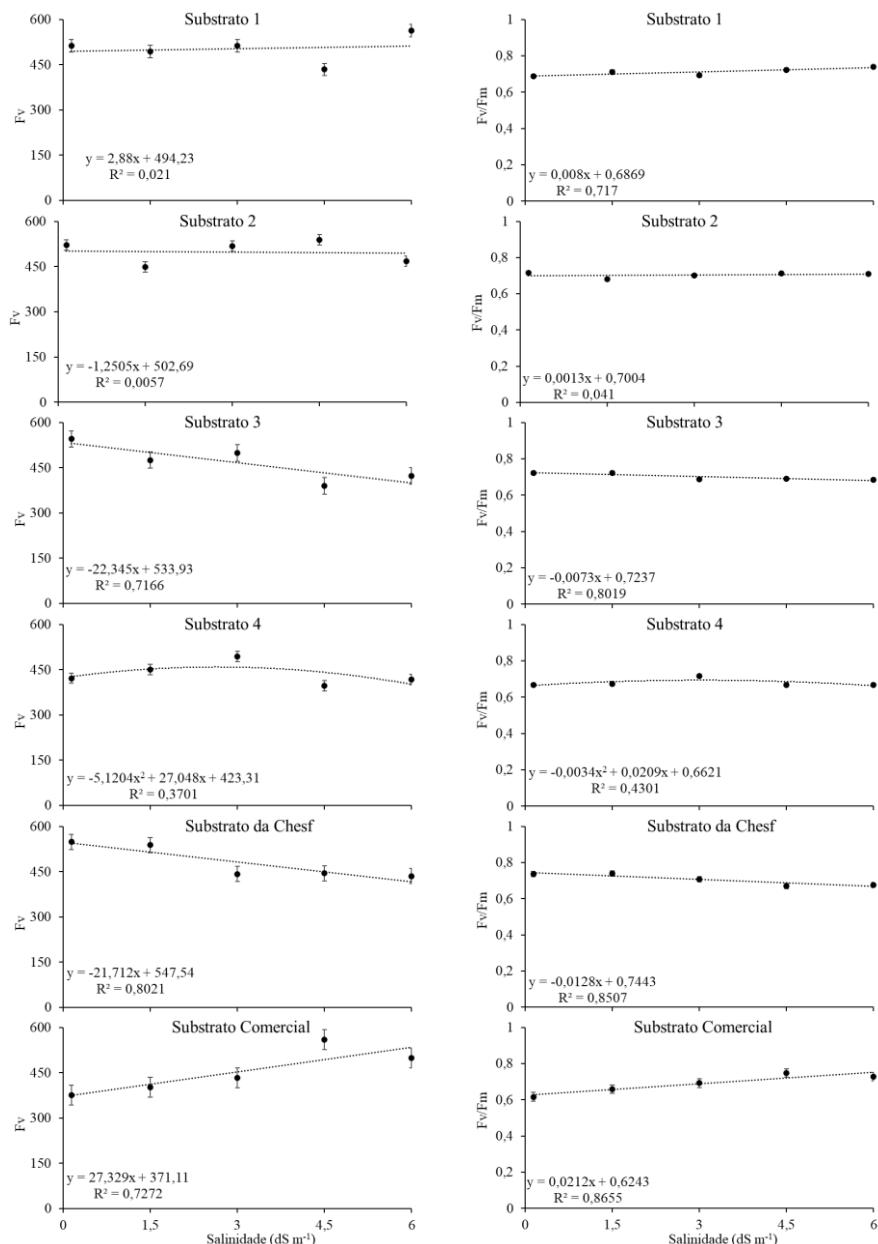


Figura 1. Análise de regressão relativa ao efeito da salinidade da água relativa as variáveis de fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) das plantas de umbuzeiro sob estresse salino aos 180 dias após a semeadura obtidos com o uso do protocolo OJIP com um fluorímetro de pulso modulado.

A Fv/Fm é fruto do quociente entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima, destacando-se, neste sentido, que houve distinção na origem dos efeitos, embora tenham culminado no mesmo comportamento da eficiência quântica, já que, nas plantas cultivadas no substrato 1, o aumento da eficiência foi relativa a redução nos valores de Fo com o aumento da salinidade, já que houve pouca variação nos valores de Fm, já nas plantas cultivadas no substrato 2, o incremento foi pouco expressivo, mas houve pouca variação nas variáveis de fluorescência. Já nas plantas cultivadas no comercial, os maiores valores de eficiência foram relativos ao aumento nos valores de Fm (Figura 2).

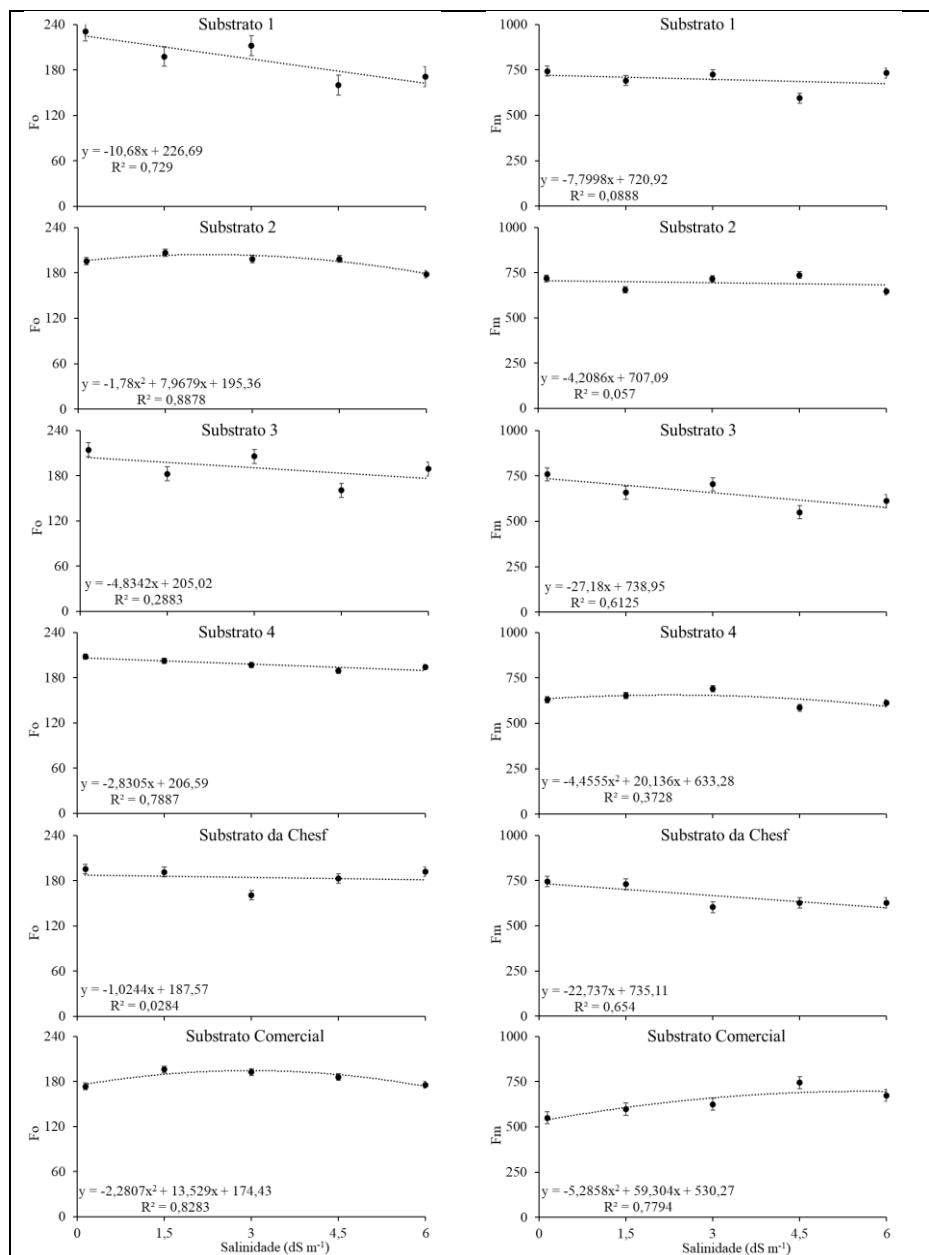


Figura 2. Análise de regressão relativa ao efeito da salinidade da água relativa as variáveis de fluorescência inicial (Fo) e fluorescência máxima (Fm) das plantas de umbuzeiro sob estresse salino aos 180 dias após a semeadura obtidos com o uso do protocolo OJIP com um fluorímetro de pulso modulado.

O aumento nos valores de eficiência quântica nos substratos com o aumento da salinidade da água indica que o aparato não está sofrendo efeito iônico, por outro lado, a planta pode estar sentido a necessidade de otimizar o uso da energia para a produção de ATP, de modo a ser usado nos processos bioquímicos da fotossíntese, como observado por Silva et al. (2021).

Por outro lado, nas plantas cultivadas no substrato 3, que possui 30% de casca de coco, 40% de lodo de esgoto e 30% de solo, no substrato 4, que possui 20% de casca de coco, 50% de lodo de esgoto e 30% de solo, assim como no substrato da Chesf, constata-se redução na eficiência quântica do fotossistema II com o aumento da salinidade da água, denotando a importância entre o equilíbrio nutricional e a capacidade de lixivar os sais no solo para se ter um melhor condicionamento.

CONCLUSÕES

A salinidade reduz a eficiência quântica nas plantas cultivadas no substrato 3, 4 e da Chesf;

O substrato 2 proporciona melhor condicionamento fotoquímico, permitindo a planta manter a atividade mesmo com o aumento da salinidade.

AGRADECIMENTOS

Ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap), e a CHESF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOARES FILHO, W. S.; SUASSUNA., J. F. Screening of citrus scion-rootstock combinations for tolerance to water salinity during seedling formation. *Acta Scientiarum-Agronomy*. v. 43, e48163, 2021.

FERNANDES, P. D.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; FREIRE, M. B. G. S. (Orgs.). Biossalinitade: **Produção de alimentos e produtos agroindustriais**. Campina Grande: EDUEPB, 2024. 765 p. ISBN 978-85-7879-995-3.

MOREIRA, M. N.; COSTA, É. K. DE. C.; RODRIGUES, S. L.; NARAIN, D. N. Perfil fitoquímico e propriedade antioxidante de diferentes genótipos de frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n.16, e58101623116, 2021.

MOTA, M. V. S.; DEMOLIN-LEITE, G. L.; GUANABENS, P. F. S.; TEIXEIRA, G. L.; SOARES, M. A.; SILVA, J. L.; SAMPAIO, R. A.; ZANUNCIO, J. L. Chewing insects, pollinators, and predators on *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Beth (Fabales: Fabaceae) plants fertilized with dehydrated sewage sludge. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e248305, p. 1-8, Jul. 2021.

SÁ, C. S. B.; SHIOSAKI, R. K.; DOS SANTOS, A. M.; CAMPOS, M. A. DA S. Salinization causes abrupt reduction in soil nematode abundance in the Caatinga area of the Submedio San Francisco Valley, Brazilian semiarid region. **Pedobiologia**, v.85–86, 2021.

SANTOS, L. C.; ARAUJO S, S. T.; MEDEIROS, C. R.; SANTOS, A. V. D.; SILVA SEVERO, P. J.; MEDEIROS, J. E.; PEREIRA, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.27295-27308, 2020.

SILVA, A. G. DA.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; ACIOLI, N. R DOS. S; RAMON, R. B. G. A.; MOREIRA, J. G.; DIARES, T. R.; SILVA, D. F. DA.; CRUZ, M. S. DA.; MOURA, R. G. DE. O manejo florestal sustentável da Caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 5, p. 872–884, Mai. 2021.

SILVA, M. G. DA; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. DE O.; PINHO, J. DE S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, Aug. 2018.

SILVA, T. A. da; BRITO, M. E. B.; CONCEIÇÃO, I. H. da; NUNES, E. D. S.; SOUZA, D. S.; MARTINS, G. O. Quenching fotoquímico é indicativo de estresse iônico em limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em genótipos de citros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 409 - 414, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p409-414-v2>

SOARES, L. A. DOS A.; FELIX, C. M.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, growth, and production of cotton genotypes under water deficit in phenological stages. **Revista Caatinga**, v.36, p.145-157, 2023.

USMAN, M.; BOKHARI, S. A. M.; FATIMA, B.; RASHID, B.; NADEEM, F.; SARWAR, M. B.; NAWAZ-UL REHMAN, M. S.; SHAHID, M.; AYUB, C. M. Drought stress mitigating morphological, physiological, biochemical, and molecular responses of guava (*Psidium guajava* L.) cultivars. **Frontiers in Plant Science**, v.13, e878616, 2022.