

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM DETECTAR ESTRESSE SALINO NA CULTURA DO MELÃO (*Cucumis melo L.*).

Thales Rafael Guimarães Queiroz¹, Adunias dos Santos Teixeira², Luis Clenio Jario Moreira³,
Marcio Regys Rabelo de Oliveira⁴, Valéria Severo de Noronha⁵,
Nicole Sarah Carvalho Ponte⁶

RESUMO: A diminuição da disponibilidade de água faz com que produtores de melão utilizem água com altos teores de sais, o que reduz a produtividade da cultura. A identificação e o monitoramento das áreas afetadas por sais são essenciais nas decisões visando a melhorar a gestão do campo agrícola. Nesse sentido, o sensoriamento remoto (SR) pode ser usado já que é um método rápido, preciso e simples, que pode ser usado para obter informações sobre atributos físicos e químicos de plantas. O objetivo desse trabalho foi investigar a eficiência dos índices de vegetação [SWSI1 (*Salinity and Water Stress Index 1*), IESA (Índice do Estresse Salino para Arroz) e NDVI750-705 e NDVI800-680 (*Normalized Difference Vegetation Index*)] na identificação e caracterização dos efeitos da presença de sais na água de irrigação no desenvolvimento da cultura do melão. Todos os índices de vegetação se mostraram eficientes para estudar os efeitos de estresse salino na cultura do meloeiro. Dentre os índices o que se mostrou mais eficiente foi o SWSI1 com o R-ajustado de 0,818, entretanto o NDVI800-680 pode ser mais vantajoso devido à sua utilização em sensores multiespectrais.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, agricultura irrigada, salinidade.

EVALUATION OF VEGETATION INDEX POTENTIAL IN DETECTING SALT STRESS IN MELON CULTURE (*Cucumis melo L.*).

ABSTRACT: Decreasing water availability causes melon growers to use water with high salt content, thereby decreasing crop productivity. Identification and monitoring of salt-affected

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, e-mail: thalesraf04@hotmail.com.

²Professor, PhD., Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, e-mail: adunias@ufc.br

³Professor, Dr, IFCE, Campus Limoeiro do Norte – CE, e-mail: cleniojario@gmail.com

⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, e-mail: marcioregys01@gmail.com.

⁵Graduanda de Agronomia, UFC, Fortaleza – CE, e-mail:valeriasevero29@gmail.com;

⁶Graduanda de Agronomia, UFC, Fortaleza – CE, e-mail:nicollencsp@hotmail.com;

areas is essential in decisions to improve the management of the agricultural field. In this sense, remote sensing (SR) can be used as it is a fast, accurate and simple method that can be used to obtain information on plant physical and chemical attributes. The objective of this work was to investigate the vegetation index [(SWSI1 (*Salinity and Water Stress Index 1*), IESA (*Saline Stress Index for Rice*) and NDVI750-705 and NDVI800-680 (*Normalized Difference Vegetation Index*)] in the identification and characterization. of the effects of the presence of salts in irrigation water on melon crop development. All vegetation indices were efficient to study the effects of saline stress on melon crop. Among the indices that showed to be the most efficient was the SWSI1 with the R-adjusted 0.818, however the NDVI800-680 may be more advantageous due to its use in multispectral sensors.

KEYWORDS: Remote sensing, irrigated agriculture, salinity.

INTRODUÇÃO

A cultura do meloeiro é bastante difundida em regiões semiáridas em todo o mundo (AKRAMI & ARZANI, 2018). Uma das principais vantagens do cultivo no semiárido são as condições edafoclimáticas, nas quais temperatura, luminosidade, umidade relativa e a pequena ocorrência de chuvas favorecem a baixa incidência de doenças e a melhor qualidade dos frutos, tornando, assim, os polos Assu-Mossoró (RN) e baixo Jaguaribe (CE) os maiores produtores do Brasil. Sua principal área de produção dá-se na Chapada do Apodi, coberta por formações montanhosas e localizada na divisa dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará.

A água que provém de poços artesianos profundos nestas regiões, embora de boa qualidade, apresenta alto custo de obtenção, fato que impossibilita seu uso por grande parte dos produtores e os tem levado a buscar outras fontes, como poços de pouca profundidade e de menor custo. Entretanto, esta fonte de água tem o inconveniente de apresentar níveis elevados de sais podendo trazer como consequência, a salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis.

A salinidade pode afetar o desenvolvimento de plantas de diferentes formas (SHELDON *et al.*, 2017), uma delas é a redução do crescimento e do desempenho das plantas por uma multiplicidade de mecanismos, incluindo alterações nas relações da água dentro da planta (DEINLEIN *et al.*, 2014), distúrbios osmóticos (SUAREZ, *et al.*, 2019) e estresse oxidativo (TOUNEKTI *et al.*, 2011). O aumento da concentração de sais na água de irrigação

também reduz a disponibilidade de água no solo para a planta e o efeito osmótico no potencial hídrico do mesmo, reduzindo a absorção de água pelas plantas (CLARK, 1990).

A identificação e o monitoramento das áreas afetadas por sais são essenciais nas decisões visando a melhoria da gestão do campo agrícola, especialmente as práticas de agricultura de precisão (ZHANG *et al.*, 2012). Entretanto as técnicas convencionais utilizadas para mapear problemas relacionados aos solos e plantas são caras, demoradas e requerem amostragem intensiva para caracterizar a variabilidade espacial. Nesse sentido, o sensoriamento remoto (SR) pode ser usado já que é um método rápido, preciso e simples, que pode ser usado para obter informações sobre atributos biofísicos e bioquímicos de plantas e/ou dosséis sob estresse (MOREIRA, 2014). Vários estudos têm sugerido que a reflectância das culturas agrícolas pode ser usada na quantificação indireta da salinização do solo e de plantas por meio de índices de vegetação para caracterizar este processo (MOREIRA, 2014).

Com isso o objetivo desse trabalho foi investigar o potencial de utilização de índices de vegetação na identificação e caracterização dos efeitos da salinidade no desenvolvimento da cultura do melão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza/CE. A área está localizada nas coordenadas geográficas 3°45'S e 38° 33'W, em altitude de 19 m e o clima local é classificado como Aw, segundo Köppen (1918).

As plantas de meloeiro foram submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação, o experimento foi montado e conduzido entre julho e outubro de 2018 (a escolha desse período foi com intuito de evitar a época chuvosa que é no primeiro semestre do ano). Cinco níveis de salinidade da água (T1 - $CE < 1,0 \text{ dS m}^{-1}$; T2 - $1,0 < CE < 2,0 \text{ dS m}^{-1}$; T3 - $2,0 < CE < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$; T4 - $3,0 < CE < 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e T5 - $CE > 5,0 \text{ dS m}^{-1}$) foram testados ao longo do ciclo da cultura. As soluções salinas para irrigação foram preparadas com água de condutividade elétrica (CE) baixa misturada a cloreto de sódio (NaCl), o manejo da irrigação foi feito por sensores capacitivos de humidade. As amostras de tecidos vegetais foram coletadas aos 57 dias após o plantio. Para cada amostra coletada (20 amostras) foi

determinado os teores de sódio (Na), na matéria seca, conforme metodologias descritas em EMBRAPA (1999).

Nas mesmas amostras de tecidos vegetais também foram coletados os dados espectrais adquiridos com a utilização de um espectrorradiômetro FieldSpec Pro FR 3® (*Analytical Spectral Devices Inc.*), cuja faixa de operação se entende entre as bandas 350 e 2500 nm e com resolução espectral de 1 nm.

Os índices de vegetação listados na Tabela 1, o NDVI750-705 e o NDVI800-680, estão relacionados ao pigmento clorofila, ambos foram ajustados no intuito de serem mais precisos na identificação do estado nutricional das plantas; o *Salinity and Water Stress Index 1* (SWSI 1) está relacionado tanto ao pigmento clorofila quanto ao teor de água do dossel; O IESA (*Índice do Estresse Salino para Arroz*) está relacionado com os teores de água presente nas planta. Depois de gerados esses índices foi feita uma regressão entre os valores dos índices e os teores de Sódio (Na) obtidos de análises realizadas em laboratório.

Tabela 1. Índices de vegetação usados no estudo para correlacionar com os valores de Na

Índice de vegetação	Equação	Referência
SWSI 1	$(\rho_{803}-\rho_{681})/\sqrt{(\rho_{905}+\rho_{972})}$	Hamzeh <i>et al.</i> , (2013)
IESA	$(\rho_{2345}-\rho_{894})/(\rho_{2345}+\rho_{894})$	Moreira, (2014)
NDVI750-705	$(\rho_{750}-\rho_{705})/(\rho_{750}+\rho_{705})$	Gitelson & Merzlyak, (1998)
NDVI800-680	$(\rho_{800}-\rho_{680})/(\rho_{800}+\rho_{680})$	Peñuelas <i>et al.</i> , (1997)

ρ = reflectância da banda

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de regressões realizadas entre os índices de vegetação e os teores de sódio medidos em laboratório estão dispostos na Figura 1. O índice SWSI1 (*Salinity and Water Stress Index 1*), obteve um R-ajustado de 0,8181, a medida em que os valores de sódio vão aumentando os valores do índice foram diminuindo, esse índice está relacionado tanto ao pigmento da clorofila, quanto ao teor de água do dossel (HAMZEH *et al.*, 2013). Esse resultado pode ser explicado devido ao sódio induzir a deficiência de outros nutrientes como o potássio, cálcio, principalmente quanto a relação Na/Ca. (JANZEN; CHANG, 1987).

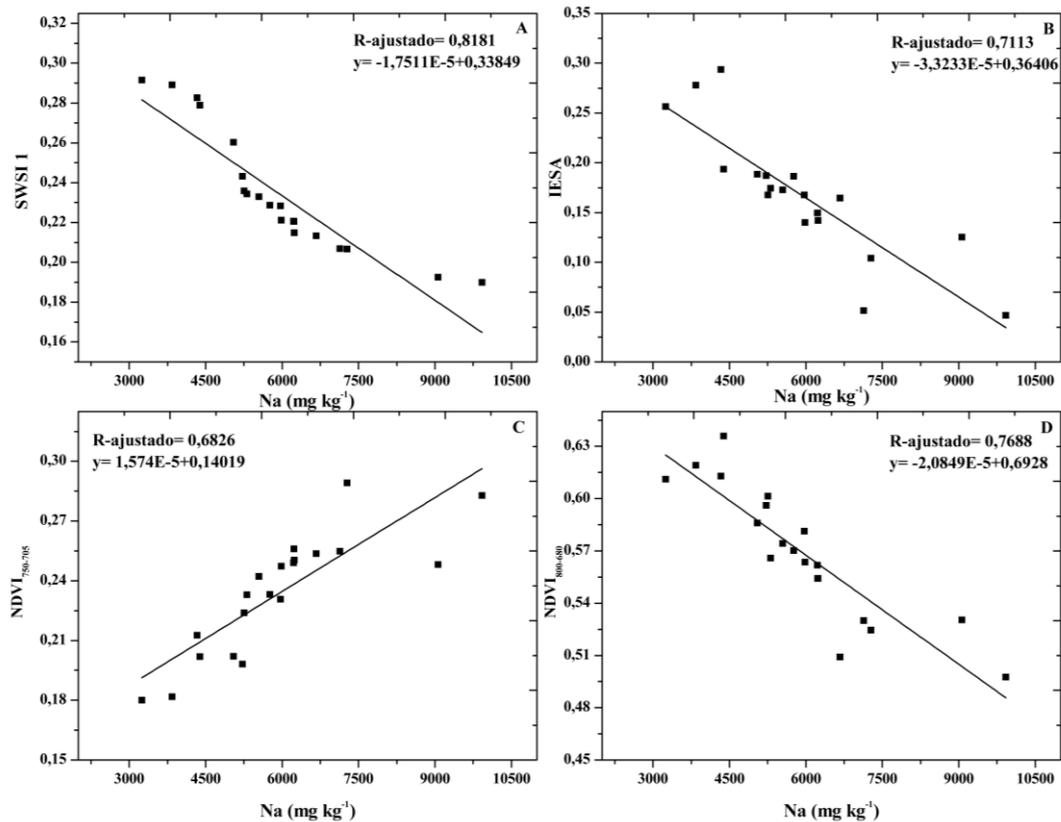


Figura 1. Regressão linear entre os valores dos índices de vegetação e os teores de Na mensurado nas folhas. [(A- Ajuste linear entre SWSI 1 e Na), (B- Ajuste linear entre IESA e Na), (C- Ajuste linear entre NDVI750-705 e Na), (D- Ajuste linear entre NDVI800-680 e Na)]

O índice IESA (*Índice do Estresse Salino para Arroz*) foi desenvolvido por Moreira, (2014) buscando através de um processo iterativo o melhor posicionamento de bandas de dados espectrais para descrever a relação entre a razão da diferença normalizada e estresse salino dos dosséis de arroz, e se mostrou um bom potencial de uso nesse estudo para a cultura do meloeiro obtendo um R-ajustado de 0,7113.

Os índices NDVI750-705 e NDVI800-680 propostos por Gitelson & Merzlyak, (1998) e Peñuelas *et al.*, (1997) respectivamente, são ajustes ao NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para detectar efeitos de sais em plantas. Para o NDVI750-705 observa-se que valores decresceram à medida que a salinidade do solo aumentou, esse ajuste do NDVI explora a sensibilidade da borda vermelha. A reflectância foliar a 700 nm está relacionada com a concentração de clorofila e a reflectância a 750 nm virtualmente não depende da concentração de clorofila, permitindo assim a formulação do índice (GITELSON; MERZLYAK, 1998).

Para o NDVI800-680 também se mostrou bastante significativo obtendo um R-ajustado de 0,7688, observa-se que os valores do índice foram muito mais elevados (entre 0,5 e 0,7) do

que para o NDVI750-705 (entre 0,1 e 0,4), sugerindo que o NDVI800-680 tinha uma tendência para saturar. O NDVI800-680 utiliza uma faixa mais ampla de bandas espectrais longe da posição de borda vermelha. A utilização do NDVI800-680 pode ser mais vantajosa devido a correlação com o NDVI, calculado a partir de sensores de satélite de banda larga (PEÑUELAS *et al.*, 1997). Índices espectrais NDVI, de sensores de satélite de banda larga, desempenham um papel muito importante no monitoramento de grandes áreas, mas com menos resolução espectral do que os radiômetros de campo ou sensores remotos hiperespectrais (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

CONCLUSÕES

É possível utilizar os índices de vegetação SWSI1, IESA, NDVI750-705 e NDVI800-680 para estudar os efeitos de estresse salino na cultura do meloeiro. Dentre os índices o que se mostrou mais eficiente foi o SWSI1 com o R-ajustado de 0,818, entretanto o NDVI800-680 pode ser mais vantajoso devido à sua utilização em sensores multiespectrais.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico e Científico - FUNCAP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKRAMI, M.; ARZANI, A., Physiological alterations due to field salinity stress in melon (*Cucumis melo L.*), *Acta Physiologiae Plantarum*. Springer Berlin Heidelberg, 40(5), pp. 1–14. doi: 10.1007/s11738-018-2657-0, 2018.
- CLARK, G. A.,. Measurement of soil water potential. *HortScience*. 25(12): 1548–1551, (1990).
- DEINLEIN, U. *et al.* Plant salt-tolerance mechanisms, *Trends in plant science*, doi: 10.1016/j.tplants.2014.02.001. 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999.

GITELSON, A.; MERZLYAK, M.N. Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. *Advances in Space Research* 22: 689-692. 1998.

HAMZEH, S.; NASERI, A.A.; ALAVI PANAH, S.K.; MOJARADI, B.; BARTHOLOMEUS, H.M.; CLEVERS, J.G.P.W.; BEHZAD, M. Estimating salinity stress in sugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 21, p. 282–290, 2013.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermanns Mitt*, v. 64, pp. 193-203, (1918).

HERNÁNDEZ, E.I.; MELENDEZ-PASTOR, I.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; GÓMEZ, I. Spectral indices for the detection of salinity effects in melon plants. *Sci. Agric*. 2014.

JAZEN, H.H., CHANG, C. Cation nutrition of barley as influenced by soil solution composition in a saline soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa v. 67, p.619-629. 1987.

MOREIRA, L. C. J. *Uso do sensoriamento remoto para avaliar o processo de salinização no perímetro irrigado de Morada Nova - CE*. 2014. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

PEÑUELAS, J.; ISLA, R.; FILELLA, I.; ARAUS, J.L. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on Barley. *CropScience* 37: 198-202. 1997.

SHELDON, A. R. *et al.*, The effect of salinity on plant-available water'. *Plant and Soil*, pp. 477–491. doi: 10.1007/s11104-017-3309-7. 2017.

SUAREZ, D.L.; Celis, N.; Anderson, R.G.; Sandhu, D. Grape Rootstock Response to Salinity, Water and Combined Salinity and Water Stresses. 9, 321, *Agronomy*, 2019.

TOUNEKTI, T., *et al.*, NaCl stress affects growth and essential oil composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 83, 267–273. 2008.

ZHANG, L.; ZHOU, Z.; ZHANG, G.; MENG, Y.; CHEN, B.; WANG, Y. Monitoring the leaf water content and specific leaf weight of cotton (*Gossypium hirsutum L.*) in saline soil using leaf spectral reflectance. *Europ. J. Agronomy*, v. 41, p. 103-117, ago. 2012.