

DETERMINAÇÃO DO ESTRESSE SALINO NA CULTURA DO MELÃO ATRAVÉS DA RESPOSTA ESPECTRAL DO DOSEL

Marcio Regys Rabelo de Oliveira¹; Lucivânio Domingos da Silva²;
André Jefferson Barros da Silva²; Luis Clenio Jário Moreira³ Adunias dos Santos Teixeira⁴

RESUMO: O estresse salino é o estresse abiótico que limita o crescimento, a fisiologia e a produtividade do meloeiro (*Cucumis melo L.*), além de ser uma olerícola de grande importância econômica nacional. O Sensoriamento Remoto (SR) surge como técnica não destrutiva para a detecção inicial do estresse antes da queda produtiva. O estudo foi realizado em uma área comercial, no município de Aracati-CE, sendo selecionados aleatoriamente 35 pontos de investigação na área cultivada com melão da variedade Goldmine aos 30 DAP. Para aquisição dos dados hiperespectrais foi utilizado o espectrorradiômetro FieldSpec Pro FR 3®. Amostras de solo imediatamente inferior ao dossel das plantas de meloeiros avaliados foram coletados, identificadas e determinada sua condutividade elétrica. Os comprimentos 2114 nm e 2119 nm manifestaram os maiores pesos na construção do modelo e descrevem elementos como as proteína, celulose e lignina foliares apontando a provável sequência de estresses hídricos sofridos pela cultura. Foi possível desenvolver um modelo estatístico de estimativa da condutividade elétrica do solo a partir da espectrometria de reflectância sobre o dossel de meloeiro.

PALAVRAS-CHAVE: salinidade, espectrometria, *Cucumis melo L.*

DETERMINATION OF SALINE STRESS IN MELON CULTURE THROUGH CANOPY SPECTRAL RESPONSE

ABSTRACT: Saline stress is the most widespread abiotic stress due to the growth, physiology and productivity of melon (*Cucumis melo L.*), an olive grove of great national

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – CE.

² Estudante de Graduação em Agronomia Limoeiro do Norte - CE – Brasil, Fone (85) 9 9966 7660 email: marcioregys01@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Limoeiro do Norte - CE – Brasil.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Professor PhD do Depto. de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE Brasil.

economic importance. Remote Sensing (SR) emerges as a non-destructive technique for the initial separation of productive capacity. The study was conducted in a commercial area, not a municipality of Aracati-CE, being randomly selected by 35 research points in the area cultivated with goldmine melon at 30 DAP. In order to obtain data of hyperspecrometry, the equipment used was FieldSpec Pro FR 3® field equipment, soil samples immediately lower than the canopy of Melo plants, were submitted to the Electrical Conductivity test. The lengths 2114 nm and 2119 nm showed the highest weights in the model construction and described elements such as foliar proteins, cellulose and lignin after a sequence of water stresses suffered by the crop. A model of electric soil conductivity estimation was developed from reflection spectrometry on the canopy of melon.

KEYWORDS: salinity, spectrometry, *Cucumis melo L.*

INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo L.*) é uma olerícola de grande importância econômica nacional, em especial na região Nordeste. Uma das principais vantagens do cultivo no semiárido são as condições edafoclimáticas, as quais temperatura, luminosidade, umidade relativa e a pequena ocorrência de chuvas favorecem a baixa incidência de doenças e a melhor qualidade dos frutos. Deste modo, os pólos Assú-Mossoró (RN) e baixo Jaguaribe (CE) tornam-se reconhecidos como os maiores produtores do país. O uso da água subterrânea tem sido usado como alternativa para garantir a continuidade da produção no período de escassez hídrica que o estados vem passando, essa água por ser extraída do aquífero Jandaíra, de origem calcária, apresenta concentrações de sais relativamente elevadas e sua utilização fica condicionada à tolerância da cultura à salinidade e ao manejo da irrigação.

O estresse salino é o estresse abiótico mais difundido que limita o crescimento, a fisiologia e a produtividade das plantas afetando principalmente o equilíbrio iônico e as relações hídricas das plantas (DOGAN *et al.*, 2010). A acumulação de sais no solo prejudica o crescimento e o desenvolvimento das plantas, provocando decréscimos de produtividade. Isso ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e por alteração das condições físicas e químicas do solo (SANTANA *et al.*, 2003). Convencionalmente, a salinidade é medida pela condutividade elétrica (CE), através da coleta de amostras de solo *in situ* e análise destas em laboratório. No entanto, esses métodos

são demorados e dispendiosos, uma vez que é necessária uma amostragem densa para caracterizar adequadamente a variabilidade espacial de uma área.

O Sensoriamento Remoto, neste contexto, é capaz de fornecer tecnologias e conhecimentos úteis para o incremento das produções agrícolas e assim o faz ao gerar soluções que otimizem o manejo agrícola na perspectiva do produtor. Frente a tais desafios, Ponzoni *et al.* (2007) descreve esta como técnica não destrutiva para estimar características biofísicas da vegetação. Assim, objetivou-se com este trabalho estimar a condutividade elétrica de um solo agrícola em função dos fatores de reflectância hiperespectrais manifesta pelos tecidos foliares.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área comercial, no município de Aracati-CE, sendo selecionados aleatoriamente 35 pontos de investigação na área cultivada (Figura 1) com melão da variedade *Goldmine* aos 30 dias após o plantio (DAP). Com o propósito de se adquirir os dados hiperespectrais, equipamento utilizado foi o 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. A aquisição desses dados ocorreu entre 11:00 e 13:00 horas, período do dia de máxima radiação sobre a cultura, conforme metodologia descrita por Campelo *et al.* (2018).



Figura 1. Área de coleta dos dados espectrais e de solo na cultura do meloeiro.

Em cada ponto amostrado se procederam três leituras no dossel da cultura e de posse dos valores de Números Digitais (ND) coletados. Desta maneira, se realizou a conversão de DN para reflectância em cada amostra com o *software* ViewSpec Pro® versão 6.2.0 (ADS Inc.) e em seguida, obteve-se a média aritmética simples das leituras em cada folha. Na

tentativa de se otimizar a relação sinal/ruído, os valores de reflectância foram submetidos à técnica de suavização (*smoothing*) de dados, onde optou-se pela média móvel com janela 5. A técnica de seleção de variáveis *Stepwise*, realizada por meio da regressão linear múltipla, seleciona as variáveis preditoras e a técnica PLSR (*Partial Least Square Regression*) permite desenvolver um modelo de estimação das variáveis dependentes (Reflectâncias) a partir das independentes (CE).

Complementarmente, amostras de solo imediatamente inferior ao dossel das plantas de meloeiros avaliados foram coletados aos 20 cm de profundidade, região média do sistema radicular desta cultura (PEREIRA *et al.*, 2017), identificadas e conduzidas a o laboratório de solos do IFCE (Campus Limoeiro do Norte) com vistas à quantificação da condutividade elétrica (CE) das amostras de acordo com a metodologia padrão do laboratório. Para tal, as amostras foram colocadas em estufa com temperatura de 45° C, por um período de 24 a 48 horas, até atingirem massa constante. Após o período de secagem, as amostras foram acondicionadas em beakers de 1,0 L, sendo colocado aproximadamente 300 ml de cada amostra no becker, sendo as amostras saturadas com água destilada e deixadas em repouso por um período de 9 a 12 horas. Após esse período, foi retirado o extrato de saturação das amostras com o auxílio de bombas à vácuo e realizada a medida da CE com um condutivímetro.

Em se tratando de uma análise multivariada, a regressão linear múltipla pelo método *stepwise* (SMLR) associada ao método PLSR foi aplicada sobre todas as bandas individuais até identificar um subconjunto mais útil de preditores. Os modelo foi calibrado com 25 plantas e validados em outras 10 inéditas, gerando o modelo estatístico. Para obter o melhor ajuste do modelo, serão utilizados *i*) o erro médio quadrático (RMSE) e *ii*) o Desvio de Predição Residual (RPD) como métricas estatísticas para avaliação de desempenho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os comprimentos de onda mais importantes, isto é, aqueles comprimentos cujos valores apresentaram as maiores correlações significativas puderam ser discriminados. Isto acontece porque modificações na composição bioquímica, concentrações de nutrientes e turgor celular das folhas – ocasionados pelo estresse salino, por exemplo – desencadeiam níveis de absorção de energia distintos e característicos (GITELSON *et al.*, 2014). A água (inclusive na atmosfera) absorve fortemente a radiação em 1450, 1950 e 2500 nm, tornando a

caracterização destas faixas complicados de se medir em campo (CAMPELO, 2018), portanto devem ser removidos da análise.

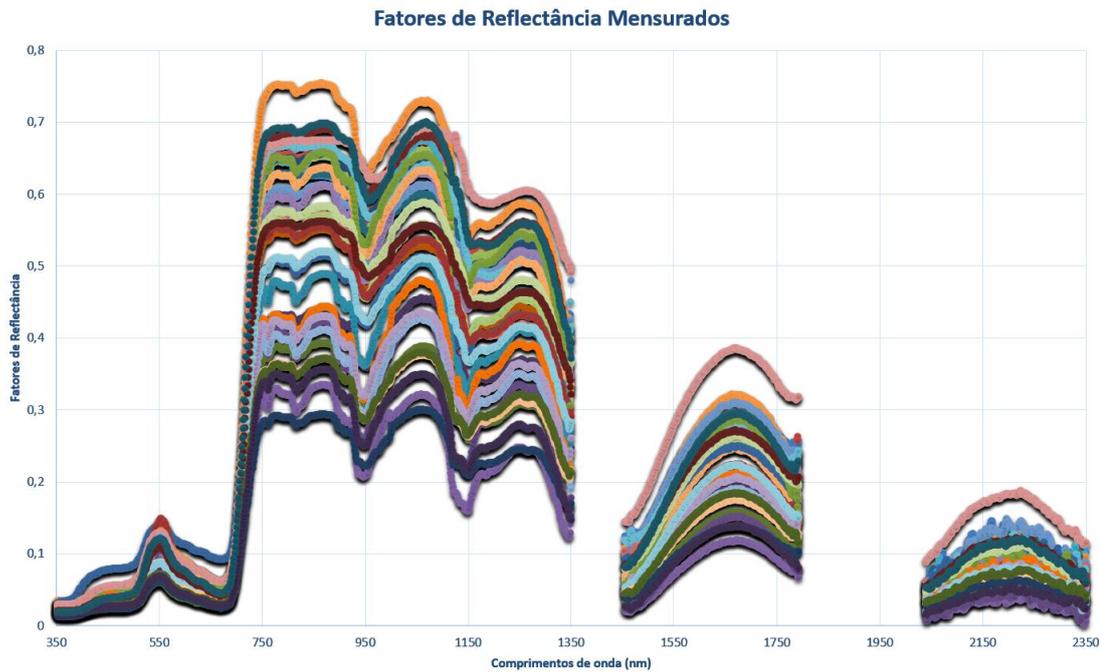


Figura 2. Fatores de reflectância obtidos em campo aleatoriamente sob o nível de dossel na cultura do meloeiro.

Os primeiros resultados levaram a conclusões importantes. O comportamento espectral demonstrou oscilações em intervalos específicos do espectro, coerentes com os efeitos de um provável estresse salino sobre a cultura. Os fatores de reflectância medidos apresentaram ampla variação principalmente nas regiões do espectro relacionados à estrutura do mesófilo foliar (750-1300 nm) (MOREIRA *et al.*, 2014) e ao teor de matéria seca, lignina, proteína e nitrogênio (1650 nm) (JENSEN, 2011).

O modelo obtido com PLSR após a seleção de bandas pela hierarquização dos comprimentos de onda pelo *stepwise* aplicada sobre as bandas individuais até identificar um subconjunto mais útil de preditores foi produzido e é apresentado na Equação 1:

$$CE(dS.m^{-1}) = 3,332 - 26,06466 * \rho_{1349nm} + 20,54143 * \rho_{2330nm} - 535,3982 * \rho_{2114nm} + 478,9528 * \rho_{2119nm} + 125,1034 * \rho_{2256nm} + 43,60208 * \rho_{548nm} - 70,79096 * \rho_{2269nm} \quad (1)$$

Em que,

ρ – representa o fator de reflectância em um dado comprimento de onda.

O erro médio quadrático (RMSE) obtido foi de 0,74 e o Desvio de Predição Residual (RPD) de 2,73, classificando-se como um modelo confiável (DUNN *et al.*, 2002).

Comprimentos de onda acima de 2100 nm tiveram maiores relevância estatística na investigação de todo o espectro, com exceção do 548 nm, que mesmo com peso inferior às demais, sugere o efeito da salinidade no esverdeamento da folhas de meloeiro. A salinidade perturba o equilíbrio fisiológico nas plantas através de seus efeitos sobre disponibilidade de nutrientes, transporte e particionamento (COCHARD *et al.*, 2010). A biossíntese de clorofila e o metabolismo de nitrogênio são também afetados devido à alta salinidade (ASHRAF, 2004).

Apesar de as maiores oscilações, serem observadas entre 750 e 1150 nm, estes comprimentos estão mais associados com a estrutura do mesófilo foliar do que propriamente com os efeitos do Nitrogênio nos tecidos foliares, pois como estabelece Heege *et al.* (2008) pigmentos de folhas e celulose não influenciam os comprimentos de onda do infravermelho próximo. A presença de nitrogênio em concentrações adequadas possibilita o progresso na produção de pigmentos, entre eles a clorofila, responsável pelo esverdeamento das folhas. Proporcionalmente, o decréscimo do aporte de N desencadeia a degradação deste mesmos pigmentos que são manifestos pelos comprimentos de onda no visível (550 nm) e entre 630 a 730 nm (região entre o vermelho visível e o infravermelho) (JENSEN, 2011).

No que diz respeito à umidade foliar, ressalta-se o comprimento 1349 nm como indicador importante da oscilação na condutividade elétrica da solução do solo (NOVO, 2008). Os comprimentos 2114 nm e 2119 manifestaram os maiores pesos na construção do modelo. Estes guardam íntima linearidade aos 2130 nm e 2180 nm, que em alguns estudos retratam os teores de proteínas das folhas (JENSEN, 2011). Enquanto faixas do espectro inferiores, mais próximas a 2080 nm, são mais sugestivas em explicar o conteúdo de açúcares. Em torno de 2100 nm (GALVÃO *et al.*, 2005) reforça a descrição de elementos como as proteína, celulose e lignina foliares apontando a provável sequência de estresses hídricos sofridos pela cultura. De acordo com Tolbert *et al.* (2014), a lignina é um tipo de polifenol associada a celulose na parede celular (matéria seca), garantindo maior rigidez aos tecidos foliares. Niinemets *et al.* (2005) defende que o estresse da água na planta pode causar o aumento da espessura e da lignificação da parede celular. Este processo é importante, porque auxilia a planta a reduzir a perda de água para o ambiente (STRABELI, 2016).

CONCLUSÕES

Foi possível desenvolver um modelo estatístico de estimativa da condutividade elétrica do solo a partir da espectrometria de reflectância sobre o dossel de meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAF, M. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199, 361-376, 2004.

CAMPELO, D. H., *Uso do sensoriamento remoto para diagnóstico nutricional na cultura do milho irrigado. Tese (doutorado) Universidade Federal do Ceará.* 182p. 2018.

COCHARD, H., HERBETTE, S., HERNÁNDEZ, E., HÖLTTÄ, T., & MENCUCCINI, M. The effects of sap ionic composition on xylem vulnerability to cavitation. *Journal of experimental botany*, 61(1), 275-285. 2010.

DOGAN, M., TIPIRDAMAZ, R., & DEMIR, Y. Salt resistance of tomato species grown in sand culture. *Plant, Soil and Environment*, 56(11), 499-507. 2010.

DUNN, B.W.; BEECHER, H.G.; BATTEN, G.D.; CIAVARELLA, S. The potential of nearinfrared reflectance spectroscopy for soil analysis — a case study from the Riverine Plain of south-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.42, p.607-614, 2002.

GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; TISOT, D. A. Discrimination of sugarcane varieties in southeastern Brazil with eo-1 hyperion data. *Remote Sensing of Environment*, v. 94, n. 4, p. 523–534, 2005.

GITELSON, A. A., PENG, Y., ARKEBAUER, T. J., & SCHEPERS, J. Relationships between gross primary production, green LAI, and canopy chlorophyll content in maize: Implications for remote sensing of primary production. *Remote Sensing of Environment*, 144, 65-72. 2014

HEEGE, H. J.; REUSCH, S.; THIESSEN, E. Prospects and results for optical systems for sitespecific on-the-go control of nitrogen-top-dressing in Germany. *Precision Agriculture*, v. 9, n. 3, p. 115-131, 2008

JENSEN, J. R., *Sensoriamento Remoto do Ambiente : Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*, São José dos Campos-SP, Parêntese, 2011. 582p.

MOREIRA, L. C. J.; TEIXEIRA, A. S.; GALVÃO, Laboratory Salinization of Brazilian Alluvial Soils and the Spectral Effects of Gypsum. *Remote Sensing*, 16p, 2014.

NIINEMETS, Ü., & TAMM, Ü. Species differences in timing of leaf fall and foliage chemistry modify nutrient resorption efficiency in deciduous temperate forest stands. *Tree physiology*, 25(8), 1001-1014, 2005.

NOVO, E, M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*, São Paulo: Bluncher, 2008. p 363.

PEREIRA et al. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.21, n.12, p.846-851, 2017.

PONZONI, F.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPPLICH, T. M. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J.A.; SILVA, E.L.; MIGUEL, D.S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência Agrotecnológica*, Lavras, v. 27, n.2, p.443-450, mar./abr., 2003.

STRABELI, T. F. *Resposta hiperespectral na determinação do conteúdo de água na folha em diferentes espécies de Eucalyptus spp* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo, 2016.

TOLBERT, A.; AKINOSHO, H.; KHUNSUPAT, R.; NASKAR, A. K.; RAGAUSKAS, A. J. Characterization and analysis of the molecular weight of lignin for biorefining studies. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 8, n. 6, p. 836-856, 2014.