

AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO E MASSA FRESCA DA RAIZ DA ABÓBORA DE MOITA SOB DIFERENTES SALINIDADES E DIAS APÓS O TRANSPLANTIO UTILIZANDO MODELAGEM NEURO-FUZZY

**LUIS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO¹, LUANA POSARI MAZIERO²,
BRUNO CÉSAR GÓES³, FERNANDO FERRARI PUTTI⁴, CAMILA PIRES
CREMASCO⁵**

¹ Matemático, Prof. Associado, Depto. de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia, FCE/UNESP, Tupã - SP, Fone: (0XX14) 3404-4240, E-mail: gabriel.filho@unesp.br

² Administradora, Doutoranda, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu-SP.

³ Administrador, Prof. Doutor, Depto. de Sistemas de Produção na Agropecuária, UNIFENAS, Alfenas - MG.

⁴ Administrador, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FCE/UNESP, Tupã - SP.

⁵ Matemática, Prof. Associado, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FCE/UNESP, Tupã - SP.

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: Considerando a alta sensibilidade da cultura de abóbora de moita à concentrações de sais, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo matemático neuro-fuzzy para avaliar o efeito da salinidade da água nas variáveis biométricas: (1) matéria fresca da raiz e (2) comprimento da raiz, da cultura da abóbora de moita (*Cucúrbita pepo*). Para isso utilizou-se a modelagem neuro-fuzzy ANFIS para modelar os dados obtidos em experimento conduzido no município de Botucatu-SP, em blocos inteiramente ao acaso com 5 níveis de salinidade (0; 1,25; 2,5; 3,75 e 5 dS m⁻¹) e 5 repetições. Assim o modelo combina as variáveis “Dias após o transplante” e “Salinidade”. Os resultados mostram influência da salinidade no desenvolvimento da abóbora de moita, já que a partir do nível de 4 dS.m⁻¹ houve redução do sistema radicular.

PALAVRAS-CHAVE: ANFIS, *Cucúrbita pepo*, irrigação.

EVALUATION OF THE LENGTH AND FRESH MASS OF THE BUMPKIN PUMPKIN ROOT UNDER DIFFERENT SALINITIES AND DAYS AFTER TRANSPLANTATION USING NEURO-FUZZY MODELING

ABSTRACT: Considering the high sensitivity of squash culture to salt concentrations, the objective of this work was to develop a neuro-fuzzy mathematical model to evaluate the effect of water salinity on biometric variables: (1) root fresh matter and (2) root length, from squash (*Cucurbita pepo*) culture. For this, the ANFIS neuro-fuzzy modeling was used to model the data obtained in an experiment conducted in Botucatu-SP, in completely randomized blocks with 5 levels of salinity (0; 1.25; 2.5; 3.75 and 5 dS m⁻¹) and 5 repetitions. Thus, the model combines the variables “Days after transplanting” and “Salinity”. The results show the influence of salinity on the development of squash, since from the level of 4 dS.m⁻¹ there was a reduction in the root system.

KEYWORDS: ANFIS, *Cucurbit pepo*, irrigation.

INTRODUÇÃO: A abóbora de moita está entre a hortaliças mais consumidas pelos brasileiros, sendo que seu consumo teve uma tendência de aumento nos últimos anos (SCHABARUM; TRICHES, 2019). O fruto faz parte da família Cucurbitaceae (*Cucurbita pepo*) destacando-se pelo aspecto suculento do fruto e o baixo desenvolvimento de suas sementes (CARDOSO; PAVAN, 2013). A cultura possui alta sensibilidade a altas concentrações de sais, sendo que quando submetida à irrigação com água salina, os efeitos são considerados severos em relação as variáveis biométricas da planta, prejudicando o seu desenvolvimento (XU et al., 2015; NIU et al., 2017). Todavia, para avaliação de efeitos resultantes nas culturas agrícolas durante a condução de experimentos agrônômicos, tais fatores envolvidos limitam-se a cinco níveis diferentes de salinidade e três tempos de aferição dos resultados (dias após transplântio) durante o ciclo da cultura. Neste sentido, a utilização de modelagem matemática tem-se como propósito estimar os efeitos para todos os níveis de salinidade compreendidos entre os limites, mínimo e máximo do experimento agrônômicos durante todo o ciclo, aferindo para todos os dias após o transplântio. Para isso, foi realizado a modelagem matemática utilizando sistemas neuro-*fuzzy*, o qual é amplamente utilizado na área de ciências agrárias, aumentando a precisão nas aferições e interpretação dos resultados, a exemplo como foram observadas nas aplicações no manejo de salinidade (VIAS NETO et al., 2019a; 2019b) e no manejo de orquídeas (PUTTI et. al, 2014, 2017a). Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo matemático neuro-*fuzzy* para avaliar o efeito da salinidade da água nas variáveis biométricas: (1) matéria fresca da raiz (MFR) e (2) comprimento da raiz (CR), da cultura da abóbora de moita (*Cucurbita pepo*).

MATERIAL E MÉTODOS: Para a avaliação do efeito da salinidade da água nas variáveis biométricas da cultura foi conduzido um experimento no Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, na Fazenda Experimental Lageado, localizada no município de Botucatu-SP, onde utilizou-se delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados com 5 níveis de salinidade (0; 1,25; 2,5; 3,75 e 5 dS m^{-1}) e 5 repetições, sendo que a irrigação foi realizada diariamente mantendo a tensão do solo em -10 kPa. Os dados coletados possibilitaram a construção do modelo neuro-*fuzzy* ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*), que utiliza o método de inferência Takagi-Sugeno para treinar a rede de aprendizado e fornecer respostas por meio de funções matemáticas do tipo $z = f(x, y)$, que podem ser facilmente modeladas por mapas de superfície e contorno.

A arquitetura do modelo desenvolvido (Figura 1) combina as variáveis de entrada “DAT” e “Salinidade” por meio de 15 regras para estabelecer os resultados de “CR” e “MFR” para todo o período de cultivo da abóbora de moita.

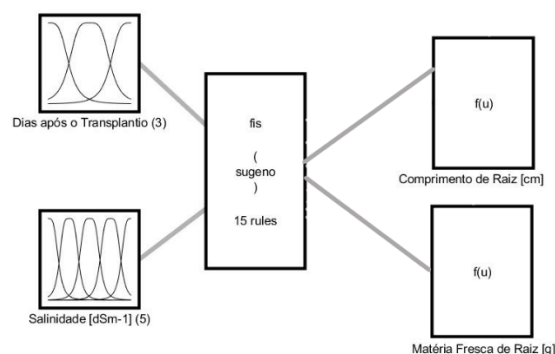


FIGURA 1. Sistema *fuzzy* com grandezas de entradas (Dias Após o Transplântio e níveis de Salinidade) e as saídas (Comprimento e Matéria Fresca de Raiz).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O treinamento do modelo permite que o erro associado seja baixo, em torno de 9,62 para MFR e 13,29 para CR, isso ocorre devido a diferenças entre os

asteriscos azuis (dados coletados) e círculos vermelhos (dados treinados), (Figura 2). Demonstrando confiabilidade do modelo em relação ao desenvolvimento da abóbora de moita diante da salinidade.

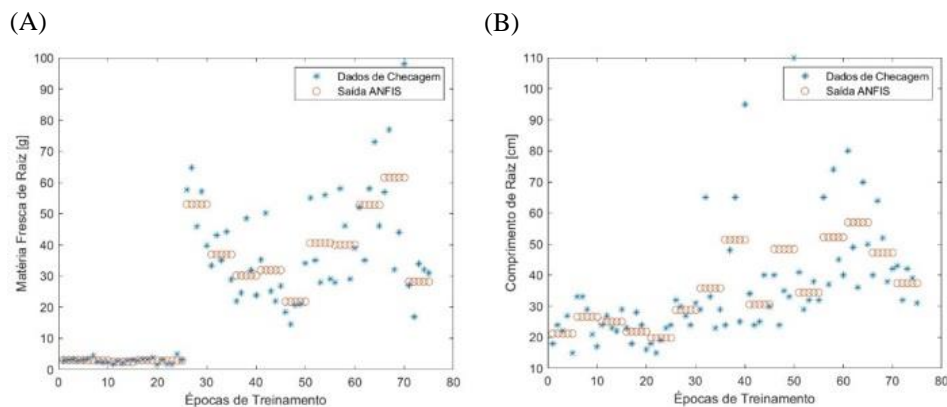


FIGURA 2. Dados de checagem do modelo ao longo das épocas de treinamento para (A) Matéria Fresca da Raiz e (B) Comprimento da Raiz.

Assim, os resultados obtidos pelo modelo para a variável MFR (Figura 3) evidenciam que até o 17 DAT (Região A) a salinidade não apresenta impacto no desenvolvimento da MFR, porém a partir do 19 DAT os maiores níveis de salinidade retardam o aumento da MFR, sendo que os mesmos níveis de MFR são atingidos apenas no 26 DAT para plantas submetidas à salinidade de 3 a 4 dS.m^{-1} (Região B), enquanto plantas cultivadas nos níveis de salinidade de até 0,5 dS.m^{-1} este ganho ocorreu entre o 20 e 24 DAT.

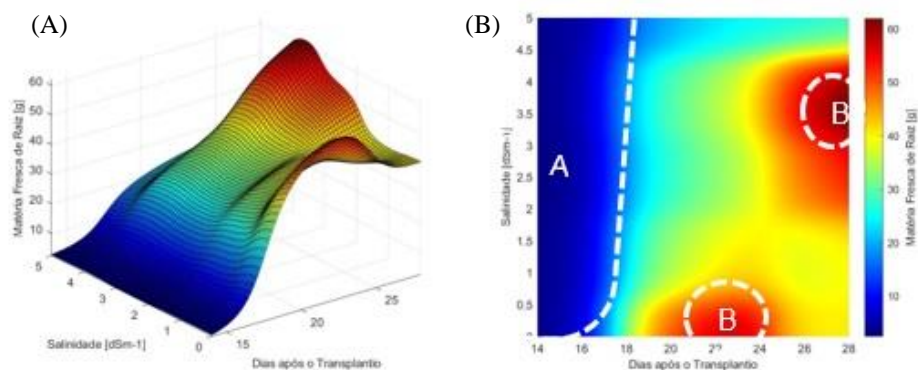


FIGURA 3. Gráficos de (A) superfície e (B) contorno da Matéria fresca de raiz da cultura da abóbora de moita submetida à diferentes níveis de Salinidade [dS.m^{-1}] ao longo do ciclo (DAT).

Quando verifica-se os resultados da salinidade no CR (Figura 4), é possível notar que níveis de Salinidade entre 2 e 3 dS.m^{-1} acarretam rápido aumento no CR a partir do 20 DAT (Região A), enquanto que para os demais níveis de salinidade tal processo é mais lento (em torno de 26 DAT).

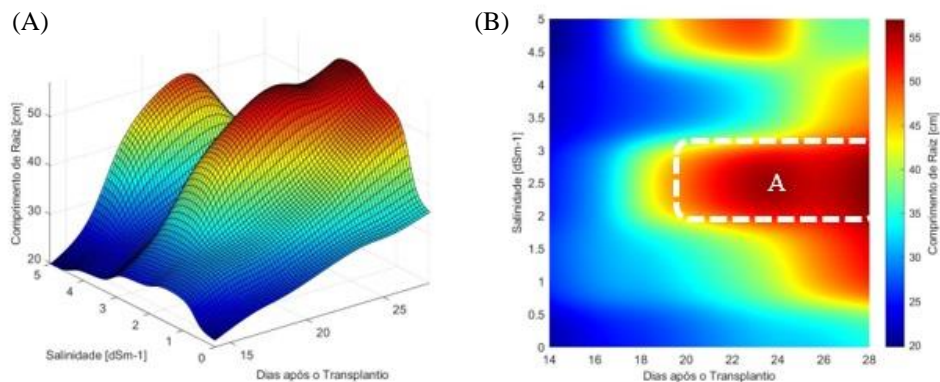


FIGURA 4. Gráficos de (A) superfície e (B) contorno do comprimento de raiz da cultura da abóbora de moita submetida à diferentes níveis de Salinidade [dS.m⁻¹] ao longo do ciclo (DAT).

CONCLUSÕES: Verifica-se por meio do modelo desenvolvido que a salinidade possui influência no desenvolvimento da abóbora de moita, pois a partir do nível de 4 dS.m⁻¹ houve redução do sistema radicular. Assim o manejo adequado da cultura pode afetar seu desenvolvimento e sua produtividade

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa produtividade de pesquisa concedidas ao primeiro e quarto (Processo 303923/2018-0) autores.

REFERÊNCIAS:

- CARDOSO, A. I. I.; PAVAN, M. A. Premunização de plantas afetando a produção de frutos e sementes de abobrinha-de-moita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 45-49, 2013.
- NIU, M. et al. A shoot based Na⁺ tolerance mechanism observed in pumpkin - An important consideration for screening salt tolerant rootstocks. **Scientia horticulturae**, v. 218, n. 1, p. 38-47, 2017.
- PUTTI, F. F. et al. A Fuzzy mathematical model to estimate the effects of global warming on the vitality of *Laelia purpurata* orchids. **Mathematical Biosciences**, v. 288, n. 1, p. 124-129, 2017.
- PUTTI, F. F. et al. Fuzzy logic to evaluate vitality of *Catasetum fimbriatum* species (Orchidaceae). **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 405-413, 2014.
- SCHABARUM, J. C.; TRICHES, R. M. Aquisição de Produtos da Agricultura Familiar em Municípios Paranaenses: análise dos produtos comercializados e dos preços praticados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 1, p. 49-62, 2019.
- VIAIS NETO, D. S. et al. Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part I: description of the method. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 294-304, 2019.
- VIAIS NETO, D. S. et al. Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part II: application and interpretation. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 305-14, 2019.
- XU, Y. et al. Resistance of cucumber grafting rootstock pumpkin cultivars to chilling and salinity stresses. **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**, v. 35, n. 2, p. 220-231, 2017.