

ESTIMATIVA DO TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR EM MORANGOS '*San Andreas*' UTILIZANDO RESNET-50 A PARTIR DE IMAGENS RGB

JAMILE RAQUEL REGAZZO¹, THIAGO LIMA DA SILVA², MARCOS SILVA TAVARES³, CAROLINE GOULART FIGUEIREDO⁴, TAMARA MARIA GOMES⁵, MURILO MESQUITA BAESSO⁶

¹ Doutoranda em Eng. de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, jamile.regazzo@usp.br

² Doutorando em Eng. de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

³ Doutorando em Eng. de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

⁴ Doutorando em Eng. de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

⁵ Professora Associada, FZEA/USP, Pirassununga - SP

⁶ Professor Associado, FZEA/USP, Pirassununga - SP

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: Este estudo teve por finalidade a aplicação da rede neural convolucional ResNet-50 na predição do teor de nitrogênio foliar em morangos da cultivar '*San Andreas*', utilizando imagens RGB em diferentes estágios fenológicos da planta. O experimento foi conduzido na FZEA/USP em Pirassununga-SP, com o cultivo do morangueiro em casualizados com três tratamentos (T1: 50% da adubação nitrogenada recomendada - ANR para o morangueiro, T2: 100% da ANR e T3: 150% da ANR), duas parcelas e cinco repetições. Foram realizadas coletas foliares em três estágios fenológicos inicial, vegetativa e indução floral. O processo de obtenção e processamento das imagens foi conduzido por meio de um scanner de mesa, seguido pela análise do desempenho dos modelos. A arquitetura de Resnet-50 apresentou melhor desempenho para fase de indução floral, com 96% de AUC para o T1. A ResNet-50 demonstrou ser uma ferramenta eficaz na identificação de diferentes dosagens de adubação, com a fase de indução floral emergindo como um período essencial para essa identificação.

PALAVRAS-CHAVE: condição nutricional; rede neural residual; processamento de imagens.

ESTIMATION OF LEAF NITROGEN CONTENT IN '*San Andreas*' STRAWBERRIES USING RESNET-50 FROM RGB IMAGES

ABSTRACT: This study aimed to apply the ResNet-50 convolutional neural network to predict leaf nitrogen content in strawberries of the '*San Andreas*' cultivar, using RGB images at different phenological stages of the plant. The experiment was conducted at FZEA/USP in Pirassununga-SP, with strawberry cultivation in a randomized design with three treatments (T1: 50% of the recommended nitrogen fertilization - ANR for the strawberry plant, T2: 100% of the ANR and T3: 150% of the ANR), two plots and five replications. Leaf collections were carried out in three phenological stages, initial, vegetative and floral induction. The process of obtaining and processing the images was conducted using a flatbed scanner, followed by analysis of the models' performance. The Resnet-50 architecture showed better performance for the floral induction phase, with 96% AUC for T1. ResNet-50 proved to be an effective tool in identifying different fertilizer dosages, with the floral induction phase emerging as an essential period for this identification.

KEYWORDS: nutritional condition; residual neural network; image processing.

INTRODUÇÃO: No contexto do setor agrícola brasileiro, em que o cultivo de morangos desempenha um papel relevante na economia, investimentos em tecnologia e pesquisa são fundamentais para atender à crescente demanda. O manejo nutricional adequado torna-se essencial para garantir o crescimento saudável das plantas e a qualidade da produção. No entanto, as abordagens convencionais de análise nutricional frequentemente são morosas e de natureza destrutiva, destacando a necessidade de alternativas mais rápidas e eficientes. Neste contexto, estudo realizado por (LIU et al., 2024) utilizaram a rede neural residual MResNet, validada em um conjunto de dados de doenças foliares do milho com 97,45% de precisão, apresentou-se como uma ferramenta satisfatória. A utilização de redes neurais residuais, como a Resnet-50, para extrair características de imagens revela-se promissora na determinação do estado nutricional das plantas. Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho de uma rede neural residual na predição de nitrogênio foliar em morangos, utilizando imagens RGB em diferentes estágios fenológicos do morangueiro.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na FZEA/USP em Pirassununga, em uma casa de vegetação de 100 m² com controle climático. Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados, com três tratamentos e cinco repetições. Foram utilizados 30 vasos, cada um contendo plantas da cultivar de morango San Andréas, com capacidade de 3L. Os tratamentos consistiram em três doses de adubação, correspondendo a 50%, 100% e 150% da recomendação de nitrogênio de Passos et al. (2013). Para a coleta de dados das folhas na fase inicial (I) vegetativa (V) e de indução floral (IF) foi utilizado um scanner de mesa de alta resolução (HP Scanjet 3800) com 1200 DPI. Em seguida, as imagens foram segmentadas utilizando o software Matlab para identificar áreas de interesse para montar o banco de imagens. A arquitetura implementada foi a Resnet-50 e para treinar esse modelo, foram utilizadas 10 épocas de treinamento. Além disso, foi empregada a validação cruzada com 5 folds. Em cada iteração, 80% das imagens (1200 blocos) foram usados para treinamento, enquanto os 20% restantes (300 imagens) foram destinados ao teste. Isso permitiu uma avaliação abrangente em diferentes conjuntos de dados. Para avaliar o desempenho da Resnet-50, foram utilizadas métricas como AUC (área sobre a curva) e matriz de confusão, juntamente com medidas derivadas, acurácia, recall e g-mean. Além disso, foram realizadas análises químicas foliares no laboratório da Universidade de São Paulo. Vários elementos foram analisados e os resultados foram submetidos a uma análise estatística utilizando o teste de Tukey no software SISVAR versão 5.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise de variância dos parâmetros químicos das amostras foliares revelou diferenças significativas, especialmente nos elementos Manganês (Mg) e Magnésio (Mn), comprovadas pelo teste de Tukey a uma probabilidade de 5%. Enquanto os tratamentos T1 e T3 diferiram significativamente no teor de Mg, todos os tratamentos apresentaram divergências significativas no teor de Mn. Essa variação no teor de magnésio pode ter influenciado a coloração das folhas, afetando os resultados de classificação da Resnet-50, já que o magnésio é essencial na molécula de clorofila, relacionada à refletância verde (ZHOU et al., 2024), o que possivelmente gerou padrões de cor distintos durante as convoluções da rede neural, contribuindo para a discriminação das classes.

Ao analisar o desempenho da rede neural nos diferentes estágios fenológicos, observa-se na Figura 1 que a fase inicial e vegetativa não demonstrou resultados significativos. Os valores de acurácia, F1-score e recall indicam que o modelo não foi capaz de realizar classificações precisas. Entretanto, é notório que a fase de indução floral apresentou resultados superiores, especialmente para o tratamento T1, com uma acurácia de 78%, F1-score de 72% e recall de 84%, indicando uma classificação correta dos dados. O tratamento T1 contribuiu

significativamente para a classificação das dosagens, uma vez que está associado ao menor teor de nitrogênio, o que pode resultar em clorose foliar em condições de deficiência.

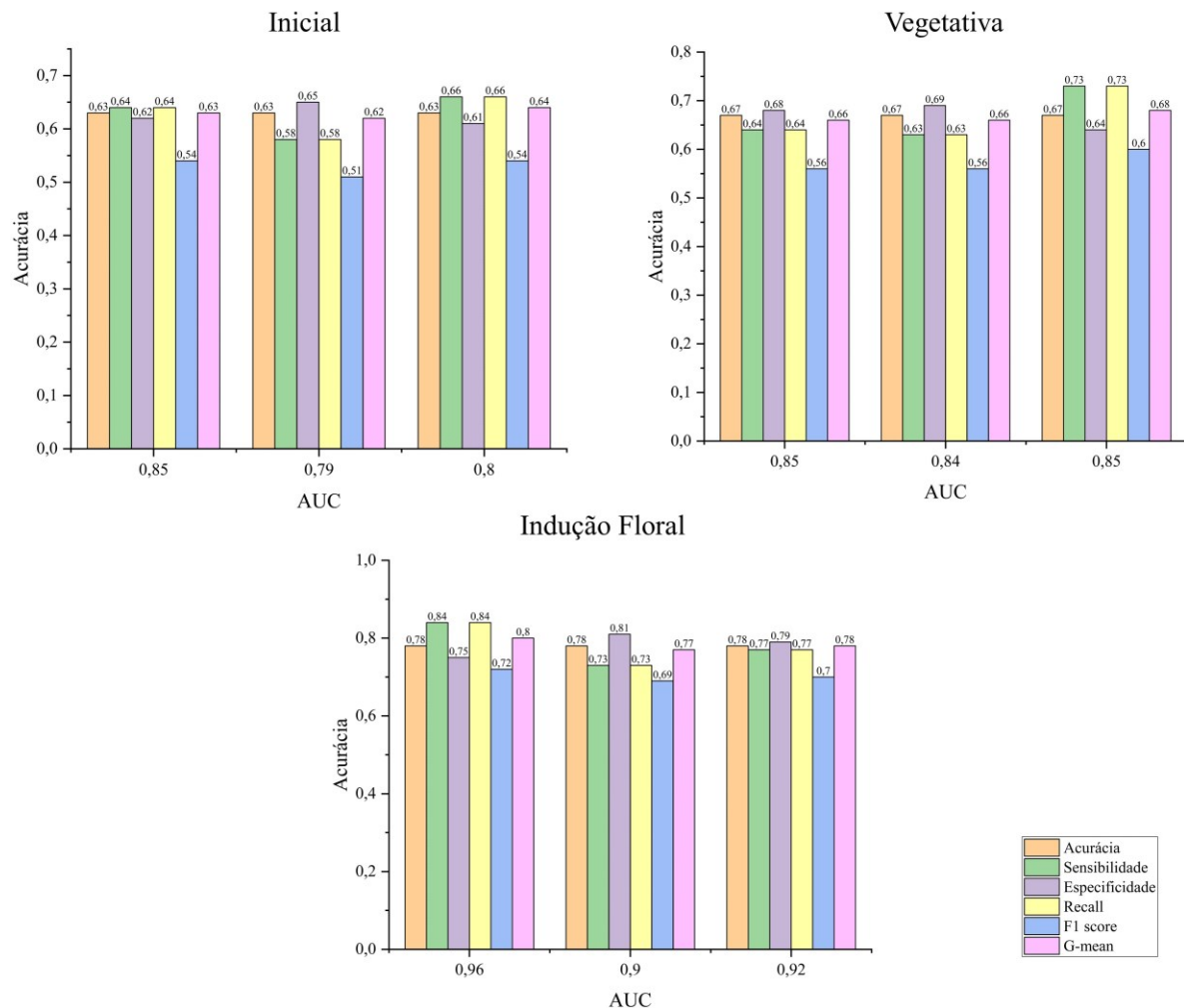


FIGURA 1 – Gráfico com o desempenho dos modelos para fases inicial, vegetativa e indução floral.

Portanto, a utilização de uma rede neural convolucional como a ResNet-50 surge como uma ferramenta para a classificação de diferentes dosagens de adubação na planta, com a fase de indução floral destacando-se como um período fundamental para a identificação dessas doses. Estudos anteriores, como o realizado por COSTA et al., (2020), demonstraram que a ResNet-50 é capaz de alcançar alta precisão na detecção de defeitos externos de tomate, evidenciando sua capacidade de extrair características relevantes das imagens de folhas de plantas e identificar diferentes níveis de adubação com precisão. A fase de indução floral, por representar um estágio mais avançado do desenvolvimento das plantas, proporciona alterações morfológicas e fisiológicas distintas, o que facilita a identificação de padrões pelo modelo ResNet-50 e resulta em uma predição mais precisa das doses de adubação.

CONCLUSÕES: Este estudo demonstrou o desempenho da rede neural ResNet-50 na classificação de diferentes dosagens de adubação em plantas de morango. A análise dos parâmetros químicos das folhas revelou diferenças significativas nos teores de manganês e magnésio, influenciando os resultados de classificação. A fase de indução floral mostrou-se particularmente adequada para a classificação precisa dos dados, destacando a importância desse estágio fenológico na predição do teor de nitrogênio foliar. Portanto, a utilização dessa abordagem representa uma ferramenta para o manejo nutricional de plantas de morango, contribuindo para a otimização da produção agrícola e o uso eficiente de fertilizantes.

AGRADECIMENTOS: Ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.

REFERÊNCIAS:

COSTA, A. Z.; FIGUEROA, H. E. H.; FRACAROLLI, J. A. Computer vision based detection of external defects on tomatoes using deep learning. **Biosystems Engineering**, v. 190, p. 131–144, 1 fev. 2020.

LIU, L. et al. A multi-scale feature fusion neural network for multi-class disease classification on the maize leaf images. **Heliyon**, v. 10, n. 7, p. e28264, 15 abr. 2024.

PASSOS, Francisco A.; TRANI, Paulo E.. **Calagem e adubação do morangueiro**. 2013. Instituto agrônomo de Campinas. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/88.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

ZHOU, H. et al. Leaf diffusional capacity largely contributes to the reduced photosynthesis in rice plants under magnesium deficiency. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 209, p. 108565, 1 abr. 2024.