

## DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM FOLHAS DE FEIJÃO UTILIZANDO EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ESTATÍSTICAS E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

LEONARDO GOMES GUIDOLIN<sup>1</sup>, AUGUSTO VAGHETTI LUCHESE<sup>2</sup>, PEDRO LUIZ DE PAULA FILHO<sup>3</sup>, TATIANI MAYARA GALERIANI<sup>4</sup>, FABIANA REGINA WUNDRAK<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), leonardo.gguidolin@gmail.com

<sup>2</sup> Pós-Doutor, Universidade Federal do Paraná (UFPR), aluchese@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), plopes@utfpr.edu.br

<sup>4</sup> Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR), tatianigaleriani@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR), fabianareginaw@gmail.com

Apresentado no  
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018  
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

**RESUMO:** A cultivo do feijão é possui grande importância econômica e social no Brasil, visto que é um ingrediente bastante presente na dieta do brasileiro. Uma das principais causas da baixa produtividade da cultura do feijão no Brasil deve-se ao baixo nível técnico empregado pelos produtores e o cultivo de baixa fertilidade, principalmente pobres em Nitrogênio. Neste foi utilizado técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina para diagnosticar os níveis de Nitrogênio no feijoeiro. Foram cultivados feijoeiros em uma casa de vegetação contendo 5 doses diferentes de nitrogênio, 50, 100, 150, 200 e 250 mg L<sup>-1</sup>. Os dados coletados foram teores de clorofila, teores de nitrogênio em mg L<sup>-1</sup> e imagens das folhas, sendo estas realizadas em dois momentos do desenvolvimento: 45 e 58 dias após a semeadura, para se realizar o diagnóstico utilizou-se o método estatístico como métodos de extração de características nas imagens. Os dados gerados foram utilizados para o treinamento e teste de Redes Neurais Artificiais (RNA) para regressão dos níveis de nitrogênio. Os resultados obtidos pelo método estatístico são promissores dependendo da situação, chegando a obter correlação de 0,7151 quando as previsões da RNA são comparados com a análise química usando os dados das duas coletas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Multilayer Perceptron, Phaseolus vulgaris, Reconhecimento de padrões

### DIAGNOSIS OF NITROGEN LEVELS IN BEAN LEAVES USING EXTRACTION OF STATISTICAL CHARACTERISTICS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

**ABSTRACT:** Bean cultivation is of great economic and social importance in Brazil, since it is a very present ingredient in the Brazilian diet. One of the main causes of the low productivity of the bean crop in Brazil is due to the low technical level used by the producers and the cultivation of low fertility, mainly poor in Nitrogen. In this work, we used computer vision and machine learning techniques to diagnose Nitrogen levels in common bean. Beans were grown in a greenhouse containing 5 different doses of nitrogen, 50, 100, 150, 200 and 250 mg L<sup>-1</sup>. The data collected were chlorophyll content, nitrogen content in mg L<sup>-1</sup> and leaf images, being performed at two developmental stages: 45 and 58 days after sowing, in order to perform the diagnosis, the statistical method was used as the methods of extracting characteristics in the images. The data generated were used for the training and testing of Artificial Neural Networks (RNA) for regression of nitrogen levels. The results obtained by the statistical method are promising depending on the situation, reaching a correlation of 0.7151 when the RNA predictions are compared with the chemical analysis using the data from the two collections.

**KEYWORDS:** Multilayer Perceptron, Phaseolus vulgaris, Pattern Recognition

**INTRODUÇÃO:** O feijão (Phaseolus vulgaris L.) é um dos ingredientes mais importantes da dieta do brasileiro, principalmente por ser uma grande fonte de proteínas, carboidratos e ferro. O feijoeiro comum possui muita importância econômica e social, pois é cultivado tanto por grandes quanto por pequenos produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras

(PENA, 2015).

Uma das principais causas da baixa produtividade da cultura do feijão no Brasil deve-se ao baixo nível técnico empregado pelos produtores e o cultivo de baixa fertilidade, principalmente pobres em Nitrogênio (N). As principais fontes de N para a cultura do feijoeiro são o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, a aplicação de adubos nitrogenados e a fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico, pela associação do feijoeiro com bactérias do grupo dos rizóbios. Porém, além do alto custo econômico, o uso de adubos nitrogenados em solos tropicais tem ainda um custo ecológico, através das perdas desses adubos ocasionadas principalmente por lixiviação, na forma de nitrato e escoamento superficial, provocado pela água das chuvas ou irrigação. Desta forma o N perdido nesse processo é bastante poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos, rios e lagos. Nesse contexto, o manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro, visto que a aplicação de doses excessivas de N, além de aumentar o custo econômico, pode promover sérios riscos ao ambiente, e a sua utilização em quantidade insuficiente diminuir a sua produtividade (PELEGRIN et al., 2009).

Uma maneira prática e rápida de determinar a deficiência de nitrogênio na planta é por meio do diagnóstico visual que consiste em se comparar visualmente o aspecto da amostra com o padrão, ou seja, comparar a coloração, tamanho e forma com o formato padrão da planta. Na maioria das vezes o órgão de comparação é a folha, pois é o que melhor reflete o estado nutricional da planta. Porém, a sua precisão está limitada à experiência do técnico e, também, exige bastante trabalho para gerar um mapa de prescrição para ser utilizado no manejo localizado (BEASSO et al., 2007; FANQUIN, 2002).

Uma forma de automatizar esse processo pode ser utilizando técnicas de processamento digital de imagens, pois apresentam grande potencial para a obtenção de índices que expressem a cor verde da planta (KARCHER, 2003).

**MATERIAL E MÉTODOS:** Durante a execução deste trabalho foi preparado um experimento com o intuito de obter dados e imagens a respeito de teores de clorofila e Nitrogênio referentes a cultura do feijão. Este experimento foi conduzido em uma casa de vegetação na UFPR, localizada na cidade de Palotina – PR. Neste experimento foi cultivado feijoeiros em vasos com areia e recebeu tratamentos de soluções nutritivas com diferentes doses de Nitrogênio. O experimento foi feito em casas de vegetação por necessitar de um ambiente controlado onde a cultura fica protegida de pragas e do clima externo. O experimento constou de um delineamento em blocos inteiramente casualizado com 5 doses de N (50, 100, 150, 200 e 250 mg L<sup>-1</sup>).

A coleta dos dados de clorofila consistiu primeiramente no corte da planta, onde foram selecionadas e retiradas as 4 folhas do topo e em melhor estado. Em seguida foi feita a medição de clorofila de cada uma das folhas. A medição foi feita utilizando o clorofilômetro cujo modelo é ClorofiLOG CFL1030. A aquisição das imagens foi feita utilizando a câmera fotográfica digital da marca Nikon cujo modelo é Coolpix L820. Esta câmera é de propriedade da UTFPR de Medianeira. As fotos foram tiradas em um ambiente controlado com o intuito de reduzir ruídos e padronizar as imagens. O ambiente controlado consistiu em uma caixa com iluminação artificial feita de pranchas de madeira e painéis de LED nas laterais. As folhas foram posicionadas no fundo da caixa ao lado de uma escala de cores.

Foram extraídos dados das imagens através de um método de extração de características para posteriormente utilizá-los como entrada em um algoritmo de aprendizado de máquina para classificação de níveis de nitrogênio. O método de extração de características utilizado neste trabalho foi o Estatístico sem texturização. Neste método foram calculadas a média aritmética, moda, variância e curtose para RGB (vermelho, verde e azul) diretamente dos pixels da imagem, totalizando 12 descritores.

Os descritores do método Estatístico foram retirados de 247 fotos da primeira coleta e de 252 fotos da segunda coleta, onde foi utilizado como atributos para treinamento e teste de uma Rede Neural Artificial Multilayer Perceptron utilizando o software Weka. O Weka consiste em uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina e ferramentas de processamento de dados, na qual é possível

todos esses recursos utilizando linha de comando ou uma interface visual (FRANK et al., 2009).

As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são modelos inspirados na estrutura do cérebro e tem o objetivo de simular algumas características humanas, tais como aprendizado, associação, generalização e abstração quando submetidas a treinamento. Esses modelos são chamados de neurônios artificiais e calculam funções matemáticas (GUPTA, 2013).

As RNA's foram utilizadas nos últimos anos para realizar tarefas complexas em diferentes áreas e como uma estratégia de modelagem matemática de problemas. Nas RNA's não é necessário propor uma função para o modelo, pois elas são aproximadores universais de funções (CUNHA et al., 2010).

Neste trabalho foi utilizado a RNA Multilayer Perceptron já implementada pelo software Weka, onde ele cria a RNA com base na quantidade de descritores. Já para teste da RNA foi utilizado o método de validação cruzada. A validação cruzada consiste em um método que permite verificar o quão correto é um modelo gerado a partir de análise de dados de treinamento. Esta validação oferece uma estimativa de como o modelo ira se comportar ao analisar um conjunto novo de dados (BAKER et al., 2011).

Para avaliação da RNA foi calculado a correlação de Pearson dos valores preditos por ela com os valores de treinamento. Este método de correlação consiste em uma medida de associação do grau de relacionamento entre duas variáveis (FILHO et al., 2009).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Realizou-se uma análise dos atributos coletados do método Estatístico, com o intuito de identificar e excluir os atributos menos relevantes. Esta análise foi feita utilizando correlação de Pearson entre os atributos e a análise química. Desta forma, utilizando no treinamento da RNA apenas com os atributos (TABELA 1) que obtiveram uma correlação superior a 0,3 ou inferior a - 0,3, obteve-se um correlação da RNA de 0,7151, ou seja, a correlação foi levemente superior ao treinamento da RNA sem seleção de atributos. Outra seleção de atributos que foi testada foi a saperação dos atributos com correlação negativa dos atributos com correlação positiva, nos quais obtiveram correlação da RNA de 0,5874 e 0,6456 respectivamente, notando-se que utilizando ambos a correlação é superior. Por fim utilizou-se apenas o atributo com a melhor correlação, no qual obteve uma correlação com a RNA de 0,583, notando-se que a RNA obtem melhores resultados utilizando uma maior quantidade de atributos, porém com uma alta relevância.

TABELA 1: Correlação dos atributos extraídos das imagens de folha com os dados da análise química de N.

Atributos avaliados	Correlação
MediaR	-0,6369
ModaR	0,6559
VariânciaR	-0,6511
CurtoseR	0,6604
MediaG	0,6482
ModaG	-0,6494
VariânciaG	0,2874
CurtoseG	0,2492
MediaB	-0,2363
ModaB	-0,6524
VariânciaB	0,4534
CurtoseB	0,4581

Na TABELA 2 é apresentado as correlações do método Estatístico utilizando RNA com dados de teor de N no tecido foliar, Clorofila Total, Clorofila A e Clorofila B aplicando seleção de atributos com os dados das duas coletas. No qual nota-se que os resultados da análise química foram

superiores aos de clorofila, obtendo correlação de 0,7151 com seleção de atributos, este resultado sendo semelhante aos obtidos por Baesso et al. em 2012 na diagnose de N em feijoeiros, no qual obteve uma porcentagem de acerto de 74% de classificação, e coeficiente kappa de 0,67, utilizando RNA treinada com atributos estatísticos.

TABELA: Correlação os método de extração de característica Estatístico sem texturização utilizando Redes Neurais Artificiais

Dados avaliados	Correlação sem seleção de atributos	Correlação com seleção de atributos
Análise química	0,7062	0,7151
Clorofila Total	0,1015	0,0844
Clorofila A	0,2974	0,3054
Clorofila B	0,4055	0,4055

**CONCLUSÕES:** Este trabalho demonstrou que o método estatístico sem texturização é promissor na diagnose de N na folha do feijão. Utilizando os dados na análise química N o método estatístico atinge 0,7151 de correlação na previsão de N, e utilizando seleção de atributos, todos os resultados se mostraram superiores. Esta seleção além de melhorar o o acerto no diagnóstico de N ela também melhora o desempenho do sistema, pois ela seleciona os atributos mais relevantes extraídos da imagem, mostrando-se bastante útil em trabalhos futuros.

#### REFERÊNCIAS:

BEASSO, M. et al. **Determinação do "status" nutricional de nitrogênio no feijoeiro utilizando imagens digitais coloridas.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 8, n. 2, p.520-528, 1 mai. 2007.

DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; MA, B.L. **Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration.** Canadian Journal of Plant Science, v.75, p.179-182, 1995.

FANQUIN, V. **Diagnose do Estado Nutricional das Plantas.** Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2002, Disponível em: [http://www.dcs.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/pdf/Prof\\_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf](http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf) > . Acesso em: 16 abr. 2017.

KARCHER, D.E.; RICHARDSON, M.D. **Quantifying turfgrass color using digital image analysis.** Crop Science, v.43, p.943-951, 2003.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N. & OTSUBO, A.A. **Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio.** R Bras Ci Solo, 33:219-226, 2009.

PENA, C. **Cultura do feijão.** 2015. Disponível em: <https://plantarcrescercolher.blogspot.com.br/2015/09/cultura-do-feijao-resumo.html>; . Acessa em: 16 abr. 2017.

SILVA, F. C. Da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2 ed. Embrapa, 2009.