

## **DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO UTILIZANDO CLASSIFICADORES ESTATÍSTICOS**

**JAMILE RAQUEL REGAZZO<sup>1</sup>, ALCIR JOSÉ MODOLO<sup>2</sup>, MURILO MESQUITA BAESSO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Biosistemas, USP/Pirassununga-SP, (14) 9 9718-6130, jamile.regazzo@usp.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Dpto. Acadêmico de Ciências Agrárias, UTFPR/Pato Branco-PR, (46) 3220-2536, alcir@utfpr.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Livre Docente, Dpto. Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga-SP, (19) 3565-6713, baesso@usp.br

Apresentado no

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020

23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** Com a evolução da produção do feijão no Brasil, deixando de ser uma cultura exclusivamente de subsistência, e passando a serem plantadas por grandes produtores com uso intensivo de tecnologia, em específico as técnicas voltadas a agricultura de precisão. Deste ponto de vista, torna-se imprescindível a determinação de deficiência nutricional de forma localizada. Com a finalidade de explorar o potencial deste conceito, este trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema computacional para determinar o status da deficiência nutricional do nitrogênio no feijoeiro através de classificadores estatísticos e como objetivos específicos: utilizar índices espectrais da região do visível extraídos de imagens digitais como características para determinar diferentes teores de nitrogênio no feijoeiro; desenvolver um classificador de análise discriminante linear, um classificador de análise discriminante quadrática e um classificador bayesiano ingênuo para classificar e avaliar o status do nitrogênio no feijoeiro; e comparar e avaliar o desempenho dos três classificadores na avaliação do status do nitrogênio no feijoeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Phaseolus vulgaris. Nutrientes. Análise Discriminante. Naïve Bayes

## **DETERMINATION OF THE NUTRITIONAL DEFICIENCY LEVEL OF NITROGEN IN COMMON BEAN USING STATISTICAL CLASSIFIERS**

**ABSTRACT:** With the evolution of bean production in Brazil, from being an exclusively subsistence crop, and being planted by large producers with intensive use of technology, specifically the techniques directed to precision agriculture. From this point of view, the determination of nutritional deficiency in a localized way becomes essential. In order to explore the potential of this concept, this work had as general objective the development of a computational system to determine the nutritional deficiency status of nitrogen in common bean by means of statistical classifiers and as specific objectives: to use spectral indices of the visible region extracted of digital images as characteristics to determine different levels of nitrogen in common bean; to develop a linear discriminant analysis classifier, a quadratic discriminant analysis classifier, and a naive Bayesian classifier to classify and evaluate the status of nitrogen in common bean; and to compare and evaluate the performance of the three classifiers in evaluating nitrogen status in common bean.

**KEYWORDS:** Phaseolus vulgaris. Nutrients. Discriminant Analysis. Naïve Bayes

**INTRODUÇÃO:** Do ponto de vista da agricultura tradicional, a demanda de adubação nitrogenada é homogênea para toda a área cultivada. No entanto, essa abordagem não reflete a realidade, visto que ao se basear apenas nas necessidades médias, a aplicação se dá de forma exagerado em algumas áreas do campo e escasso em outras, colocando em risco a produtividade do processo produtivo. Na vertente contrária a esse pensamento vem à agricultura de precisão como uma opção viável ao sistema produtivo convencional, permitindo a aplicação de nutrientes em taxas variadas.

Usualmente, a indicação de adubação nitrogenada é fundamentada nos índices de produtividade esperados e também no potencial de resposta da cultura, dados esses relacionados ao histórico de utilização da região. Esses diversos fatores interferem na análise, aumentando a dificuldade no processo de adubação com o nitrogênio.

Na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), o nitrogênio é o macronutriente mais extraído do solo e possui diversas funções, merecendo destaque a função de incitar o desenvolvimento vegetativo da planta. Ainda que seja considerada uma leguminosa, o nitrogênio adquirido via fixação simbiótica não é o absorvido na quantidade necessária para que as plantas atinjam altos rendimentos produtivos. No mais, a aplicação de adubação nitrogenada impulsiona a absorção dos demais nutrientes.

Com intuito de investigar o real potencial dessa tecnologia na agricultura, este trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema computacional para determinar o status da deficiência nutricional do nitrogênio no feijoeiro através de classificadores estatísticos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho utilizou para o desenvolvimento um computador portátil com Sistema Operacional Windows 10 Professional, Processador Intel Core i5-3317U, 6 GB de memória RAM e 400 GB de capacidade de armazenamento em disco rígido. Para o desenvolvimento do pacote de software, será utilizado o ambiente de programação, modelagem e simulação MATLAB® R2013a (MATLAB, 2013) com o Image Processing Toolbox™ e com o Statistics and Machine Learning Toolbox™.

As imagens que foram utilizadas como banco de dados foram obtidas em condições de luz controladas e cedidas pelo Laboratório de Máquinas Agrícolas e Agricultura de Precisão do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, campus da Universidade de São Paulo. Com o objetivo de descobrir a melhor época para a obtenção das imagens, estas foram feitas em três épocas: 20, 30 e 40 DAE. As doses de nitrogênio aplicadas aos feijoeiros dos quais foram capturadas as imagens que compuseram o banco de dados foram: 0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>, com 10 repetições cada tratamento, totalizando 50 imagens, armazenadas no formato JPEG com resolução de 2592 por 1944 pixels.

Para identificar os níveis de deficiência de nitrogênio na cultura do feijoeiro com base no vetor de características foram implementados três classificadores, descritos em GONZALES e WOODS (2014): um classificador de análise discriminante linear (LDA), um classificador de análise discriminante quadrática (QDA) e um classificador bayesiano ingênuo. A premissa dos classificadores de análise discriminante (linear e quadrática) é que os atributos analisados são correlacionados, enquanto o classificador bayesiano ingênuo trabalha com a hipótese de que os atributos são independentes. Os classificadores foram implementados utilizando funções nativas do Statistics and Machine Learning Toolbox™ do MATLAB® R2013a (MATLAB, 2013). Para avaliar os classificadores, foram calculados a exatidão global de classificação, o índice Kappa e os erros de classificação através da validação cruzada deixado um de fora.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores do erro de classificação da validação cruzada obtidos aos 40 DAE foram, de modo geral, os maiores obtidos nesse trabalho, atingindo valores acima de 76%, 76% e 75%, para os classificadores LDA, QDA e bayesiano ingênuo, respectivamente. Os altos valores de erro de classificação da validação cruzada indicam que, apesar do valor da exatidão global e do índice Kappa ser elevado em alguns casos, existe a presença de sobreajuste dos modelos dos classificadores analisados aos dados estudados.

TABELA 1. Valores do erro de classificação da validação cruzada obtidos através dos classificadores LDA, QDA e bayesiano ingênuo para cada vetor de características aos 40 DAE..

Vetores de características	Erro de Classificação para Validação Cruzada		
	Classificador	Classificador QDA	Classificador
	LDA		Bayesiano Ingênuo
Evd	87%	98%	98%
Rvv	80%	76%	76%
VdN	87%	98%	98%
VmN	78%	78%	78%
Evd e Rvv	95%	84%	82%
Evd e VdN	93%	85%	98%
Evd e VmN	95%	82%	75%
Rvv e VdN	95%	84%	82%
Rvv e VmN	76%	76%	75%
VdN e VmN	95%	82%	75%
Evd, Rvv e VdN	91%	89%	87%
Evd, Rvv e VmN	91%	80%	80%
Evd, VdN e VmN	93%	87%	75%
Rvv, VdN e VmN	91%	80%	80%
Evd, Rvv, VdN e VmN	87%	84%	80%

**CONCLUSÕES:** Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- É possível utilizar índices espectrais como atributos discriminantes para se determinar os diferentes teores de N nas folhas do feijoeiro.
- Os classificadores desempenharam melhor quando treinados por vetores característicos compostos por uma combinação mais de três índices espectral.
- Os classificadores discriminantes (LDA e QDA) e o classificador bayesiano ingênuo foram capazes de determinar o status do N no feijoeiro.
- O classificador discriminante quadrático (QDA) apresentou os melhores resultados em termos de exatidão global na avaliação do status do N no feijoeiro para todas as épocas dentre os classificadores utilizados.
- Todos os modelos de classificadores apresentam sobreajuste, evidenciado pelo erro de classificação da validação cruzada deixando um de fora elevados. Isso pode ser corrigido utilizando-se uma base de treino maior e mais diversificada.

## **REFERÊNCIAS:**

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. **Digital image processing**. 3ª Edição Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 2014., 716p.

MATLAB version 8.2.29. Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc., 2013.