

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA FENOTIPAGEM DE SEMENTES CRIOULAS DE FEIJÃO-FAVA UTILIZANDO-SE DE IMAGENS DIGITAIS

Rosana Araujo Martins Lucena<sup>1</sup>, Ana Clara Anselmo Couto<sup>2</sup>, Denis Leandro Medeiros<sup>3</sup>,  
Semako Ibrahim Bonou<sup>4</sup>, Mario Sergio de Araujo<sup>5</sup>, Rener Luciano de Souza Ferraz<sup>6</sup>

**RESUMO:** O feijão-fava é uma cultura de importância socioeconômica e para segurança alimentar. Suas sementes possuem ampla variabilidade fenotípica, havendo necessidade de identificação. Assim, objetivou-se utilizar a inteligência artificial para fenotipagem de sementes crioulas de feijão-fava utilizando-se de imagens digitais. Para tanto, imagens digitais de sementes das variedades Rajada vermelha, Roxa e Orelha de vó foram obtidas e vetorizadas com a rede neural artificial VGG19. Para os ajustes dos modelos de fenotipagem foi utilizado o algoritmo rede neural artificial (NN - Neural Network), mantendo-se a função de ativação “tanh” e o solver “adam” e, variando-se a quantidade de neurônios na camada oculta em cinco unidades (5, 10, 15, 20 e 25) visando obtenção da melhor performance possível. A inteligência artificial do tipo rede neural artificial com 25 neurônios na camada oculta possui elevado desempenho para fenotipagem de sementes de variedades crioulas de feijão-fava a partir da vetorização de imagens digitais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biometria de sementes, *Phaseolus lunatus* (L.), redes neurais artificiais

---

<sup>1</sup> Mestranda em Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, UEPB, Campina Grande, PB. Fone (83) 3344-5301. E-mail: lucena.r@aluno.uepb.edu.br.

<sup>2</sup> Graduanda em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UEPB, Lagoa Seca, PB. E-mail: a.clara@aluno.uepb.edu.br.

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UEPB, Lagoa Seca, PB. E-mail: denis.l@aluno.uepb.edu.br.

<sup>4</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: bonouibrahim@gmail.com.

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UEPB, Lagoa Seca, PB. E-mail: mariosergiodearaujo@servidor.uepb.edu.br

<sup>6</sup> Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, UEPB, Lagoa Seca, PB. E-mail: rener.ferraz@servidor.uepb.edu.br

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PHENOTYPING CREOLE LIMA BEANS SEEDS USING DIGITAL IMAGES

**ABSTRACT:** The lima bean is a crop of socioeconomic importance and for food security. Its seeds have wide phenotypic variability, requiring identification. Thus, the objective was to use artificial intelligence for phenotyping of heirloom lima bean seeds using digital images. For this purpose, digital images of seeds of the Rajada Vermelha, Roxa and Orelha de vó varieties were obtained and vectorized with the artificial neural network VGG19. The artificial neural network (NN) algorithm was used to adjust the phenotyping models, maintaining the “tanh” activation function and the “adam” solver and varying the number of neurons in the hidden layer in five units (5, 10, 15, 20 and 25) in order to obtain the best possible performance. The artificial intelligence of the artificial neural network type with 25 neurons in the hidden layer has high performance for phenotyping of heirloom lima bean seeds from the vectorization of digital images.

**KEYWORDS:** Seed biometrics, *Phaseolus lunatus* (L.), artificial neural networks

### INTRODUÇÃO

O aumento populacional ocasiona maior demanda alimentícia, motivo pelo qual desafios são impostos à produção agrícola e à segurança alimentar, de modo que há necessidade de exploração de espécies ecoadaptadas (Zhang et al., 2021). O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* (L.)) apresenta ampla variabilidade genotípica e fenotípica, por este motivo, adapta-se em diversos agroecossistemas, por exemplo em regiões semiáridas (Lopes et al., 2024).

Nesse sentido, conhecer as características fenotípicas de sementes pode contribuir para a diferenciação e posterior catalogação desses materiais genéticos (Barros et al., 2024). No entanto, sabe-se que para a realização da fenotipagem tradicional de sementes, são utilizados dados de medições morfométricas, como, por exemplo, as medidas do comprimento, da largura, espessura e massa. Porém, é demandado bastante tempo para obtenção dessas medidas.

Face ao exposto, meios que facilitem a fenotipagem por imagens digitais, por exemplo, utilizando-se de redes neurais artificiais (RNAs), podem ser adotados para otimização do tempo gasto nessas análises (Kurumayya, 2025). Nesse contexto, a implementação de técnicas de inteligência artificial para fenotipagem de sementes de feijão-fava é importante, pois facilitará a identificação das variedades crioulas dessa espécie. Assim, objetivou-se utilizar a inteligência

artificial para fenotipagem de sementes crioulas de feijão-fava utilizando-se de imagens digitais.

## MATERIAL E MÉTODOS

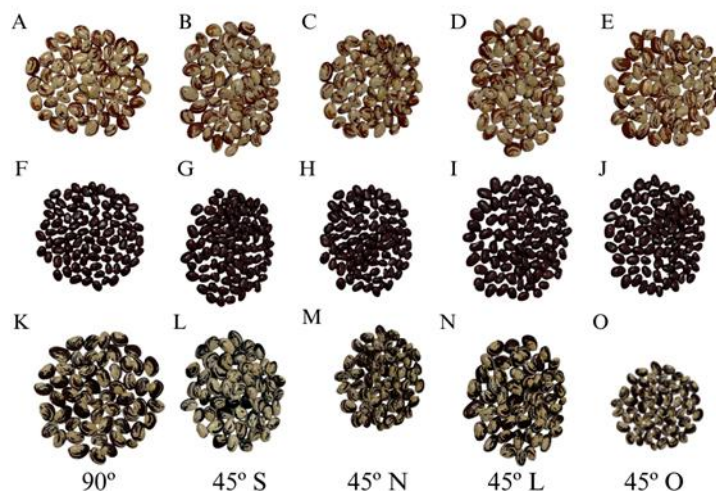
Foi desenvolvida uma pesquisa quantitativa no mês de abril de 2025, no Laboratório de Estudos em Ciências Agrárias no Semiárido, localizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Lagoa Seca - PB, nas coordenadas Latitude 7° 09' S, Longitude 35° 52' W, e 634 m de altitude. O clima da região segundo a classificação de Köppen é As' (tropical úmido), com temperatura média anual de 22 °C, com temperaturas mínimas e máximas de 18 °C e 33 °C respectivamente, precipitação pluviométrica de 800 mm e umidade relativa do ar de 80% (Costa et al., 2024).

Foram utilizadas sementes de feijão-fava das variedades Rajada vermelha, Roxa e Orelha de vó colhidas na safra de 2024, doadas por agricultores familiares da comunidade Bastiana do município de Teixeira, PB, e armazenadas em garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) acondicionadas em ambiente abrigado da luz. Posteriormente, foram obtidas imagens digitais (n = 15) de cem sementes de cada variedade. Para tanto, foi utilizado um smartphone iPhone 15, iOS 17, câmera dupla de 48 MP + 12 MP de resolução.

As imagens foram capturadas no modo sRGB de 8 bits e salvas no formato .jpeg. Das 15 imagens, 3 foram obtidas na posição relativa ao ângulo de 90° em relação à superfície onde as sementes foram dispostas, 3 na posição relativa ao ângulo de 45° na direção Norte, 3 na posição relativa ao ângulo de 45° na direção Sul, 3 na posição relativa ao ângulo de 45° na direção Leste e 3 na posição relativa ao ângulo de 45° na direção Oeste, todas a 30 cm de distância (Figura 1).

Para o processamento das imagens foi utilizado o *software Orange Data Mining* v. 3.36.1. Inicialmente, das 15 imagens obtidas, 10 foram importadas utilizando-se do widget “Import Images” contido no add-on “*Image Analytics*”. Posteriormente, as imagens foram processadas e vetorizadas utilizando-se do widget “*Image Embedding*”. A vetorização das imagens foi realizada utilizando-se do “*Embedder*” de rede neural artificial VGG19 (Godec et al., 2019).

Para os ajustes dos modelos de fenotipagem de sementes de cada variedade de feijão-fava, foi utilizado o algoritmo rede neural artificial (NN - Neural Network), mantendo-se a função de ativação tanh e o solver adam e, variando-se a quantidade de neurônios na camada oculta em cinco unidades (5, 10, 15, 20 e 25) visando obtenção da melhor performance possível.



**Figura 1.** Sementes de variedades crioulas de feijão-fava: Rajada vermelha (A, B, C, D e E); Fava Roxa (F, G, H, I e J); e Fava Orelha de vó (K, L, M, N e O). Imagens feitas nas posições 90°, 45° ao sul, 45° a norte, 45° a leste, 45° a oeste, em relação à superfície onde as sementes foram dispostas.

A performance dos modelos foi avaliada utilizando-se do método de amostragem por validação cruzada (*Cross-validation*) do *Orange Data Mining*. Para validação dos modelos, foi utilizado o método de teste em dados de teste (*Test on test data*), utilizando-se de vetores de 5 imagens das 15 obtidas inicialmente e que não foram utilizadas na etapa de ajuste dos modelos. Para a avaliação da performance dos modelos na validação, foram utilizadas estatísticas de desempenho.

Para modelos de classificação, foram utilizadas: a área sob a curva ROC de operação do receptor (*Area under ROC*), acurácia da classificação (*Classification accuracy*), média harmônica ponderada de precisão e Recall (F-1), precisão (*Precision*), recordação (*Recall*), especificidade (*Specificity*), perda de entropia cruzada (*LogLoss*), tempo de treinamento (*Train time*) e tempo de teste (*Test time*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando foram utilizados 25 neurônios na camada oculta da rede neural artificial, foi observado menor LogLoss (0,06). Por outro lado, há redução no desempenho estatístico quando foram utilizados 5 neurônios. Ainda, verificou-se que não houveram variações expressivas nas métricas de desempenho quando foram testados 10, 15 e 20 neurônios na camada oculta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estatísticas de desempenho para quantidades de neurônios de rede neural artificial para fenotipagem de sementes crioulas de feijão-fava.

Quantidade de Neurônios	TTr	TTe	AUC	CA	F-1	Precision	Recall	LogLoss	Specificity
5	4,308	3,029	0,990	0,833	0,815	0,868	0,833	0,377	0,917
10	4,383	3,151	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,027	1,000
15	4,318	3,314	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,014	1,000
20	4,333	2,909	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,015	1,000
25	4,357	3,275	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,006	1,000
Desempenho na validação									
25	N/A	N/A	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,005	1,000

TTr: tempo de treinamento, TTe: tempo de teste, AUC: área sob a curva de operação do receptor, CA: acurácia, (F-1: uma média harmônica ponderada de precisão e recall, Precision: precisão, Recall: recordação, LogLoss: perda de entropia cruzada e Specificity: especificidade.

Essas informações indicam que 25 neurônios são eficientes, dentre as demais quantidades, para processamento de imagens de sementes de feijão-fava, notadamente, por apresentar menor perda de entropia cruzada (LogLoss).

Em complemento, observa-se na matriz de confusão que, de fato, o modelo de rede neural artificial com 25 neurônios consegue prever as classes de sementes de variedades crioulas de feijão-fava com elevado desempenho, haja vista que consegue prever 100% das classes de imagens de cada variedade corretamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Matriz de confusão da etapa de modelagem para classificação de sementes crioulas de feijão-fava.

		Previsto			
		Orelha de vó	Rajada Vermelha	Roxa	$\Sigma$
Real	Orelha de vó	100,0 %	0,0 %	0,0 %	10
	Rajada Vermelha	0,0 %	100,0 %	0,0 %	10
	Roxa	0,0 %	0,0 %	100,0 %	10
	$\Sigma$	10	10	10	30

Na etapa de validação, também foi constatada alta performance nas métricas de desempenho (Tabela 1). Além disso, a predição realizada nessa etapa comprova o desempenho do modelo de rede neural artificial com 25 neurônios, alcançando 100% de acerto na classificação de sementes de variedades crioulas de feijão-fava (Tabela 3).

**Tabela 3.** Matriz de confusão da etapa de validação para classificação de sementes crioulas de feijão-fava.

		Previsto			
		Orelha de vó	Rajada Vermelha	Roxa	$\Sigma$
Real	Orelha de vó	100,0 %	0,0 %	0,0 %	5
	Rajada Vermelha	0,0 %	100,0 %	0,0 %	5
	Roxa	0,0 %	0,0 %	100,0 %	5
	$\Sigma$	5	5	5	15

Diante do exposto, percebe-se que modelos de classificação baseados em redes neurais artificiais podem ser aplicados em diversas áreas da agricultura, com potencial para implementação em aplicações mobile, visto que não são necessários muitos neurônios na camada oculta para obter resultados precisos na classificação de sementes crioulas de feijão-fava.

Salienta-se que a entropia cruzada é muito usada em problemas de classificação, medindo a diferença entre a distribuição real e a distribuição predita pelos modelos. Face ao exposto, essas informações são ratificadas por Ferraz et al. (2021) que, utilizando RNAs, observaram elevado desempenho na classificação de imagens de plântulas de *Moringa oleifera* com e sem estresse hídrico, o que denota e reforça a adequabilidade desta ferramenta para fenotipagem de variedades de feijão-fava a partir de imagens digitais de sementes.

## CONCLUSÕES

A inteligência artificial do tipo rede neural artificial com 25 neurônios na camada oculta possui elevado desempenho para fenotipagem de sementes de variedades crioulas de feijão-fava a partir da vetorização de imagens digitais.

## AGRADECIMENTOS

Universidade Estadual da Paraíba; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba Chamada – FAPESQ-PB/CNPq n 77/2022; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Processo: 408952/2021-0, Chamada – CNPq/MCTI/FNDCT N° 18/2021 – Faixa B – Grupos Consolidados e processo 307559/2022-

0, Chamada 09/2022 - PQ; e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgris).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, E. S.; SARIGU, M.; LALLAI, A.; NICOLAU, J. P. B.; BENEDITO, C. P.; BACCHETTA, G.; TORRES, S. B. Phenotypic identification of landraces of *Phaseolus lunatus* L. from the northeastern region of Brazil using morpho-colorimetric analysis of seeds. **Horticulturae**, v. 10, p. e948, 2024.

COSTA, P. da S.; FERRAZ, R. L. S.; DANTAS NETO, J.; MARTINS, V. D.; VIEGAS, P. R. A.; MEIRA, K. S.; NHALALA, A. R.; AZEVEDO, C. A. V. de.; MELO, A. S. de. Seed priming with light quality and *Cyperus rotundus* L. extract modulate the germination and initial growth of *Moringa oleifera* Lam. seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e255836, 2024.

FERRAZ, R. L. de S.; COSTA, P. da S.; MACIEL, R. de S.; COSTA, D. T. da; AZEVEDO, C. A. V. de; MELO, A. S. de. **Redes neurais artificiais para diagnóstico de estresse hídrico por imagens de plântulas de Moringa oleifera**. In: INOVAGRI MEETING VIRTUAL, 2021.

GODEC, P.; PANČUR, M.; ILENIČ, N.; ČOPAR, A.; STRAŽAR, M.; ERJAVEC, A.; PRETNAR, A.; DEMŠAR, J.; STARIČ, A.; TOPLAK, M.; ŽAGAR, L.; HATMAN, J.; WANG, H.; BELLAZZI, R.; PETROVIČ, U.; GARAGNA, S.; ZUCCOTTI, M.; PARK, D.; SHAULSKY, G.; ZUPAN, B. Democratized *image analytics* by visual programming through integration of deep models and small-scale machine learning. **Nature Communications**, v. 10, p. 4551, 2019.

KURUMAYYA, V. Abordagens computacionais de ponta para fenotipagem de plantas. **Plant Mol Biol**, v. 115, p. 56, 2025.

LOPES, Â. C. A.; ARAUJO, A. S. F.; BESERRA JÚNIOR, J. E. A.; TORRES, K. K. B.; MEDEIROS, L. S. A.; MARTINS, L. V.; COSTA, M. F.; SILVA, V. B.; GOMES, R. L. F. Vinte anos de pesquisas com o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) na Universidade Federal do Piauí. **Revista RG News**, v. 10, p. 21-28, 2024.

ZHANG, L.; CHU, Q.; JIANG, Y.; CHEN, F.; LEI, Y. Impacts of climate change on drought risk of winter wheat in the North China Plain. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, p. 2601-2612, 2021.