

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO**ADERÊNCIA A NORMALIDADE E DECOMPOSIÇÃO DE EFEITOS EM BIOMETRIA DIGITAL DE PLÂNTULAS DE GERGELIM**

Autores: Maria Iza Silva de Castro¹, Ana Maria Vieira da Silva¹, Patrícia Alvarez Cabanez², Lucimara Ribeiro Venial³.

¹Universidade Federal do Ceará, Avenida Humberto Monte, SN, Pici - 60455-760 - Fortaleza-CE, Brasil, mariaizasc2011@gmail.com, amvieirads@alu.ufc.br

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Av. Lourival Martins Beda, 1200 - Parque Varanda do Visconde - 28178-000 - Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil, patriciacabanez@gmail.com

³Universidade Federal do Espírito Santo, BR-101, km 60 - Litorâneo, 29932-540-São Mateus - ES, Brasil, venialluci@gmail.com

Resumo

O gergelim vêm seguindo uma crescente importância econômica devido a elevada qualidade de seu óleo. Portanto, para que essa cultura continue crescendo gradualmente no mercado, é importante que o produtor faça a aquisição de sementes de qualidade. Uma alternativa viável para aferir a qualidade de sementes é o uso da técnica de análise de imagem. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aderência à normalidade das variáveis biométricas obtidas por meio da análise digital de plântulas e fazer uma análise de trilha para identificar os efeitos diretos e indiretos de variáveis biométricas obtidas. O experimento foi dividido em três etapas, Etapa I: Aquisição das imagens; Etapa II: Segmentação e extração dos dados e Etapa III: Teste de aderência à normalidade e análise de trilha. Variáveis mean_pa, mean_raiz, mean_total, mean_razao, Unif_2, Growth e Vigor apresentaram distribuição próxima da normal, enquanto na análise de trilha as mesmas variáveis mean_raiz, mean_total apresentaram correlações altas com vigor, mas com efeitos diretos próximos de zero. Assim, a junção dos testes reforça a robustez metodológica e a qualidade das conclusões obtidas.

Palavras-chave: Biometria de plântulas; Vigor; Análises estatísticas; Aquisição de imagens

Área do Conhecimento: Engenharia Agronômica / Agronomia

Introdução

O gergelim (*Sesamum indicum*), vêm seguindo uma crescente importância econômica devido a elevada qualidade de seu óleo, que favorece sua aplicação na indústria alimentícia e na indústria química de óleos (Beltrão et al., 2013). Portanto, para que essa cultura continue crescendo gradualmente no mercado, é importante que o produtor faça a aquisição de sementes de qualidade. Uma alternativa possível para aferir a qualidade de sementes, devido ao avanço da tecnologia, é o uso da técnica de análise de imagem (Hoffmaster et al., 2003).

O método de análise de imagens para avaliar a qualidade de sementes consiste na captação de múltiplas imagens digitais de sementes e plântulas, por meio de scanner, máquina fotográfica ou câmera do celular, que são processadas em um computador, gerando valores numéricos que representam o potencial fisiológico do material avaliado (Gomes Junior, 2010). Os dados numéricos adquiridos consistem em características biométricas do material analisado, como comprimento da parte aérea e da raiz.

A aplicação de testes de normalidade é essencial para checar se os dados biométricos possuem uma distribuição adequada, promovendo a validação de análises estatísticas subsequentes e a correta aplicação de testes paramétricos (Ghasemi e Zahediasl, 2012). Em conjunto, a análise de trilha constitui uma ferramenta útil para investigar relações complexas entre variáveis, permitindo quantificar efeitos diretos e indiretos, analisar padrões de influência e entender como diferentes características biométricas afetam o desenvolvimento das plântulas (Valenzuela e Bachmann, 2017).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aderência à normalidade das variáveis biométricas obtidas por meio da análise digital de plântulas e fazer uma análise de trilha para identificar os efeitos diretos e indiretos de variáveis biométricas.

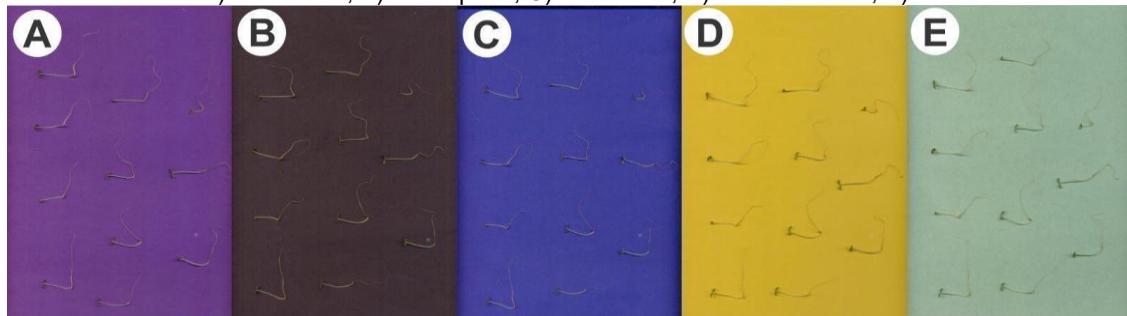
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará-UFC. Para a realização dos testes foram utilizados dez lotes de sementes de gergelim, cedidos pela empresa Sebra Agrícola AS, localizada no Estado do Mato Grosso- MT. O experimento foi dividido em três etapas, Etapa I: Aquisição das imagens; Etapa II: Segmentação e extração dos dados e Etapa III: Teste de aderência à normalidade e análise de trilha.

Inicialmente 100 sementes de cada genótipo foram selecionadas de forma aleatória para a realização da captura de imagens e ao final do teste de germinação, foram capturadas as imagens das plântulas. Para a captura das imagens foi utilizado um scanner de mesa (modelo HP Scanjet 2004), adaptado de maneira invertida, dentro de uma caixa de alumínio. As plântulas foram dispostas de maneira equidistante em papéis ofício nas cores roxo, preto, azul, amarelo e verde (Figura 1) para que fosse encontrada a coloração que melhor se adequa ao contraste entre a cor da plântula de gergelim e o fundo, possibilitando assim uma boa segmentação e extração dos dados. Após a aquisição, as imagens foram salvas em formato JPG e armazenadas para posterior análise.

Figura 1 - Plântulas de gergelim dispostas sobre fundos de diferentes cores para determinação do melhor contraste. A)Fundo roxo; B)Fundo preto; C)Fundo azul; D)Fundo amarelo; E)Fundo verde.



Fonte: Autor (2023)

Após o processo de captura e armazenamento das imagens, elas foram segmentadas e seus dados foram extraídos. Para a segmentação e extração foi utilizado o software ImageJ. Com ele foram extraídas as variáveis de mean-PA (comprimento médio da parte aérea), mean-RA (comprimento médio da raiz), mean-Total (média do comprimento total), mean-Razão (média da relação raiz/parte aérea), unif-1(indice de uniformidade), unif-2 (índice de uniformidade), growth (índice de crescimento), vigor e vigor corrigido. Com essas variáveis extraídas, os dados foram exportados para uma planilha no Excel onde foram utilizados para fazer a estatística do trabalho.

A aderência à normalidade foi testada por meio dos métodos de Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling. A análise de trilha foi realizada com base em regressão linear múltipla, a qual possibilita decompor as correlações entre as variáveis independentes e a variável resposta (vigor) em efeitos diretos e indiretos. Os efeitos diretos refletem a influência independente de cada característica sobre o vigor, enquanto os efeitos indiretos representam as contribuições mediadas por outras variáveis do modelo. As análises foram feitas usando o software estatístico R.

Resultados

A Ciência do **NANO** e seu *impacto transformador no MACRO*

Os resultados da análise de aderência estão apresentados na Tabela 1. Valores de p superiores a 0,05 indicam que os dados seguem distribuição normal, enquanto valores inferiores a 0,05 indicam rejeição da hipótese de normalidade.

Tabela 1 - Testes de normalidade aplicados às variáveis biométricas das plântulas.

Variável	Shapiro-Wilk p	KS p	AD stat	AD crit (5%)
mean_pa	0.6779	0.9684	0.2267	0.726
mean_raiz	0.2518	0.937	0.3583	0.726
mean_total	0.0913	0.71	0.5449	0.726
mean_razao	0.903	0.9943	0.1754	0.726
Unif_1	0.0014	0.2219	1.5069	0.726
Unif_2	0.4641	0.808	0.367	0.726
Growth	0.2195	0.9574	0.3785	0.726
Vigor	0.1881	0.9409	0.4191	0.726
Vigor_corr	0.0145	0.6782	0.7934	0.726

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Nesse contexto, as variáveis mean_pa, mean_raiz, mean_total, mean_razao, Unif_2, Growth e Vigor apresentaram distribuição próxima da normal, enquanto Unif_1 e Vigor_corr evidenciaram desvios, o que pode requerer transformações ou o uso de métodos não paramétricos em análises posteriores.

A análise de trilha (Tabela 2) foi conduzida a partir de regressão linear múltipla, permitindo a decomposição da correlação entre cada variável independente e o vigor em efeitos diretos e indiretos. Os efeitos indiretos representam a influência mediada por outras variáveis.

Tabela 2 - Resultados da análise de trilha para o vigor em função de variáveis biométricas de plântulas.

Variável	Correlação c/vigor	Efeito Direto	Efeito Indireto (soma)
mean_pa	0.8613	-0.0034	0.8647
mean_raiz	0.9986	0.0081	0.9904
mean_total	0.9854	0.0048	0.9806
mean_razao	0.7671	0.0002	0.7669
Unif_1	0.932	0.3	0.632
Unif_2	0.1738	0.0	0.1738
Growth	0.9997	0.6999	0.2998

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Na análise de trilha, verificou-se que a variável Growth apresentou o maior efeito direto sobre o vigor (0,6999), reforçando sua importância como variável-chave para a avaliação fisiológica das plântulas. A variável Unif_1 também mostrou efeito direto considerável (0,3000), sugerindo que índices de uniformidade podem ser utilizados como indicadores complementares de vigor.

Por outro lado, variáveis como mean_raiz, mean_total e mean_pa apresentaram correlações muito altas com o vigor, mas com efeitos diretos próximos de zero, evidenciando que sua influência é predominantemente indireta, mediada por Growth e Unif_1. Isso indica que, embora sejam características morfológicas relevantes, seu impacto no vigor ocorre em função de interações com outras variáveis.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Discussão

Mesmo que a distribuição normal seja um ponto central na estatística, ela não pode ser considerada o único padrão de distribuição ideal. Em muitos casos, os dados não seguem uma distribuição normal, como ocorreu com as variáveis Unif_1 e Vigor_corr neste estudo. Essa situação pode ser consequência de diversos fatores, incluindo limitações no tamanho da amostra ou características próprias do conjunto de dados (Kirthikadatta, 2014). Esse contexto evidencia a importância de aplicar testes de normalidade, garantindo que as análises estatísticas subsequentes sejam conduzidas de maneira segura e confiável.

De acordo Nogueira et al.,(2012), apesar do conhecimento das correlações entre as variáveis possuir elevada importância, é importante ter cuidado ao avaliá-los, pois não são medidas de causa e efeito. A alta correlação entre duas variáveis pode ser consequência do efeito indireto de uma terceira variável ou de um grupo de variáveis, como visto para mean_raiz, mean_total e mean_pa em correlação com vigor, o qual apresentou correlações altas, porém com efeito indireto. Isso demonstra a importância do uso de metodologias como a análise de trilha para que se possa entender de fato como as variáveis estão relacionadas.

O uso dos testes de normalidade e da análise de trilha demonstra a importância de utilizar análises estatísticas robustas na avaliação de variáveis biométricas. O teste de normalidade garante que os dados analisados atendem ao que é exigido pelos métodos paramétricos, já a análise de trilha adere a decomposição das correlações em efeitos diretos e indiretos, evitando erros na hora das interpretações (Toebe e Cargnelutti Filho, 2013). Dessa forma, a união das duas metodologias permite uma visão precisa e confiável das relações entre as variáveis, como observado para o vigor das plântulas de gergelim neste trabalho.

Conclusão

Dessa forma, conclui-se que a combinação dos testes de normalidade e análise de trilha reforça a robustez metodológica e a qualidade das conclusões obtidas, evitando erros quanto à análise e interpretação dos resultados.

Referências

- BELTRÃO, N. E. M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. S.; ROCHA, M. S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N.; **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**, 2013.
- GHASEMI, A.; ZAHEDIASL, S. Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. **International Journal of Endocrinology and Metabolism**, v. 10, n. 2, p. 486-489, 2012.
- GOMES JUNIOR, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo Abrates**, v.20, n.3, p.33-51, 2010.
- HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNETT, M. A. An automated system for vigour testing threeday-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, v. 31, p. 701-713, 2003.
- NOGUEIRA, A. P. O; SEDIYAMA, T; SOUSA, L. B de; HAMAWAKI, O. T; CRUZ, C. D; PEREIRA, D. G; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877–888, nov./dez. 2012.
- KRITHIKADATTA, J. Normal distribution. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 17, n. 1, p. 96–97, 2014.
- TOEBE, M; CARGNELUTTI FILHO, A. Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1371–1378, out. 2013.

A Ciência do **NANO** e seu *impacto transformador no MACRO*

VALENZUELA, S.; BACHMANN, I. Path analysis. In: **WILEY StatsRef: Statistics Reference Online**. Wiley, 2017.