

ANÁLISE MULTIVARIADA DA PRODUÇÃO DE MILHO CULTIVADO COM IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

Franklin Alves dos Anjos (1); Carlos Alberto Vieira de Azevedo (2)*; Constantino Antônio Cavalcante Júnior (3); Patrícia da Silva Costa (2); Renner Luciano de Souza Ferraz (2)

(1) Instituto Federal de Alagoas - IFAL, franklin.anjos19@gmail.com; (2) Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ferraz340@gmail.com; cazevedo@deag.ufcg.edu.br; pathy_16costa@hotmail.com; (3) Universidade Federal de Alagoas – UFAL, constantinocavalcante@hotmail.com *Orientador

Introdução

Dentre as espécies cultivadas, o milho (*Zea mays* L.) figura no cenário mundial como cultura de destaque, notadamente em virtude de sua multiplicidade de utilização, desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia e utilização na produção de biocombustíveis, evidenciando o milho como cultura de expressiva importância econômica para o agronegócio mundial (Ribeiro et al., 2015).

Silva et al. (2015) reportam que a disponibilidade hídrica no Nordeste brasileiro é um fator limitante para a produção agrícola, devido aos baixos índices pluviométricos proeminentes da Região, cenário caracterizado pela irregularidade na distribuição temporal e espacial das chuvas. Nessas condições, deve-se ressaltar que o déficit hídrico é um dos fatores responsáveis pelas baixas produtividades das culturas em regiões semiáridas, merecendo destaque no que tange ao desenvolvimento de estratégias promissoras para mitigar seu efeito negativo (Alderfasi et al., 2016; Wu et al., 2017).

A escolha de híbridos adaptados às condições edafoclimáticas dos ambientes de cultivo consiste em estratégia importante para a garantia de colheitas expressivas. Esta informação é fundamentada no fato de que a cultura do milho é caracterizada por exigir alta demanda hídrica e também por ser uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, tem uma alta relação de produção de matéria seca por unidade de água absorvida (Silva et al., 2012).

Em sentido complementar, é importante ressaltar que a disponibilidade de água em condições ideais favorece a manutenção da umidade do solo em nível ideal para a cultura, garantindo seu crescimento e desenvolvimento pleno (Xavier et al., 2014). Nesta conjuntura, o uso de lâminas de irrigação localizada vem sendo muito empregado para suprimento da demanda hídrica do milho, visando o uso racional da água e evidenciando sistemas de produção que envolvam aspectos econômicos, ambientais e sociais, que busquem formas de manejo que possibilitem a conservação dos recursos naturais, sobretudo o recurso água (Silva et al., 2015).

Em outro aspecto, cabe a ressalva de que, em geral, as diferenças entre populações ou entre amostras são dependentes de um conjunto de variáveis e não apenas de uma. A utilização de uma única variável pode levar a resultados com baixa relevância para explicação de fenômenos complexos. De fato, existem situações em que a análise de variáveis de forma individual não evidencia diferenças entre tratamentos, enquanto que a análise global multivariada torna as diferenças evidentes, denotando a necessidade de se respeitar a estrutura de interdependência de variáveis e realizar análise multivariada sempre que possível (Hair et al., 2009). Salienta-se que a Análise de Componentes Principais (ACP) é eficiente para reduzir altas dimensões do espaço de dados em espaço com dimensões menores (Ranamukhaarachchi et al., 2017; Yi et al., 2017).

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho analisar os componentes do milho em resposta à aplicação de lâminas de irrigação, além de verificar se o emprego de análise multivariada

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

de dados é eficiente para evidenciar diferenças a partir da redução das dimensões originais dos dados em dimensões menores com informações relevantes para este estudo.

Metodologia

O experimento foi realizado em duas épocas experimentais, sendo a primeira época (E₁) conduzida no período compreendido entre os meses de abril e agosto de 2015 e a segunda época (E₂) entre agosto e dezembro do mesmo ano. A área experimental está localizada nas coordenadas de latitude: 09°45'20,7" S, longitude: 37°25'12,3" W e altitude de 18 m (Barros et al., 2012).

Durante as épocas de realização da pesquisa foi realizado monitoramento climático expresso por meio das variáveis agroclimáticas obtidas na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (latitude: 09°44'56" S, longitude: 37°25'51" W e altitude de 15 m) localizada a 1600 m da área experimental, sendo. Foram coletadas amostras de solo para caracterização físicoquímica (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos da área experimental.

Camadas	Atributos			
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura
0,00-0,30 m	60,58	26,50	12,92	FA ¹
0,30-0,60 m	52,65	42,61	4,74	FA ¹
	CC (cm ³ cm ⁻³)	PMP (cm ³ cm ⁻³)	Densidade (g cm ⁻³)	Porosidade (%)
0,00-0,30 m	22,61	6,43	1,39	48,13
0,30-0,60 m	26,47	6,45	1,41	47,78
	pH KCl (1:2,5)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)
0,00-0,30 m	6,54	1,07	31,00	76,00
0,30-0,60 m	5,95	0,93	13,00	43,00

¹: Franco Arenoso.

A água utilizada no experimento foi proveniente da calha do Rio São Francisco, distante 113,0 m da área experimental. Foi coletada amostra de 1 L no entorno do ponto de captação, acondicionando-a em vasilhame de água lavada três vezes com a própria água coletada e posteriormente encaminhada ao Laboratório Central Analítica em Maceió, AL, para realização de análises químicas e de salinidade, sendo registrados os seguintes valores: pH=8,15, Ca=0,44 mmol_c L⁻¹, Mg=0,16 mmol_c L⁻¹, Na=0,88 mmol_c L⁻¹, K=0,03 mmol_c L⁻¹, Fe=0,08 ppm, Condutividade Elétrica=0,16 dS m⁻¹, Carbonatos=0,00 mmol_c L⁻¹, Bicarbonatos=0,32 mmol_c L⁻¹, Cloretos=0,89 mmol_c L⁻¹, Sulfatos=0,35 mmol_c L⁻¹, Razão de Adsorção de Sódio=1,54, Classe=C1-S1, Classificação Geral= Sem Restrição.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos, correspondentes às lâminas de irrigação de L₁=444,46 mm, L₂=453,83 mm, L₃=463,21 mm, L₄=472,59 mm, L₅=481,97 mm, L₆=491,34 mm, aplicadas na primeira época experimental e L₁=467,25 mm, L₂=581,64 mm, L₃=696,01 mm, L₄=810,37 mm, L₅=924,85 mm, L₆=1039,23 mm, aplicadas na segunda época experimental, com quatro repetições representadas pelos blocos.

Utilizou-se sistema de irrigação localizada por gotejamento, constituído de fita gotejadora de 16 mm de diâmetro nominal, com emissores de vazão 7,5 L h⁻¹ espaçados a cada 0,20 m, operando sob pressão de serviço de 10mca. Para automação do sistema, adotou-se um conjunto de seis eletroválvulas acionadas a partir de um programador de seis estações.

A área experimental total (480 m²) foi cultivada em Sistema de Plantio Direto, sendo a semeadura do milho, híbrido AG 7088 da Agrocere, realizada com o solo em capacidade de campo, em duas épocas experimentais (E₁=11/04/2015 e E₂=25/08/2015), adotando-se três sementes distribuídas igualmente em cada emissor. A aplicação dos tratamentos foi realizada com base na reposição da água evapotranspirada (ET_c), calculada através da soma da ET_c e precipitação pluviométrica diária (mm) de dois dias anteriores ao dia do evento de irrigação. Os tempos

necessários para reposição das respectivas lâminas foram gravados no programador a fim de acionar e interromper o acionamento do sistema de irrigação.

Os componentes da produção de milho foram expressos por meio das variáveis: massa de mil grãos (MMG g 1000 grãos⁻¹), número de espigas por parcela (NEP un parcela⁻¹), rendimento de grãos secos (RGS kg ha⁻¹), comprimento de espiga (CES cm espiga⁻¹), diâmetro de espiga (DES mm espiga⁻¹), número de linhas por espiga (NLE un espiga⁻¹), número de grãos por linha (NGL un linha⁻¹), número de grãos por espiga (NGE un espiga⁻¹), massa de grãos por espiga (MGE g espiga⁻¹), massa de sabugo (MAS g sabugo⁻¹), massa de espiga despalhada (MED g espiga⁻¹) e massa de palhas (MPA g) de milho.

Os dados foram padronizados, de modo a tornar a média nula e variância unitária. A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da Análise exploratória de Componentes Principais (ACP), condensando-se a quantidade de informação relevante contida no conjunto de dados originais em um menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores mais elevados na matriz de covariância (Hair et al., 2009).

Foi possível reduzir o espaço multidimensional do conjunto original de variáveis em três Componentes Principais (CP) com autovalores maiores que a unidade ($\lambda > 1,0$), conforme preconiza o critério de Kaiser para escolha de CPs. Juntos, os Componentes escolhidos explicam 88,56% da variância total, sendo que o primeiro Componente Principal (CP1) retém 61,3% da variância total acumulada, enquanto que o segundo e terceiro Componentes (CP2 e CP3) contribuem com 15,2% e 12,1%, respectivamente, desta variância. No CP1, foram elencadas sete variáveis com carga fatorial (r) expressiva, enquanto que nos CP2 e CP3 duas variáveis se destacaram. Em todos os Componentes, a associação entre as variáveis expressivas e o CP foi classificada como forte, conforme classificação de Dancey e Reidy (2013), em que: $r = |0,10|$ até $|0,30|$ (fraca); $r = |0,40|$ até $|0,6|$ (moderada); $r = |0,70|$ até $|1,00|$ (forte) (Tabela 2).

Tabela 2. Autovalores maiores que a unidade, porção da variância explicada e coeficientes de correlação entre os componentes principais e as 12 variáveis.

CPs	λ	$\sigma^2\%$	Cargas das Variáveis (r)											
			MMG	NEP	RGS	CES	DES	NLE	NGL	NGE	MGE	MAS	MED	MPA
CP1	7,36	61,34	-0,96*	-0,56	-0,98*	-0,83*	-0,92*	-0,46	-0,33	-0,57	-0,96*	-0,96*	-0,97*	-0,42
CP2	1,82	15,16	-0,24	-0,04	-0,13	0,36	-0,30	0,25	0,85*	0,80*	-0,11	-0,23	-0,12	-0,14
CP3	1,45	12,06	0,03	-0,71*	-0,08	-0,21	0,07	0,59	-0,08	0,12	-0,04	0,03	-0,05	0,72*

CPs: componentes principais; λ : autovalores; $\sigma^2\%$: porção de variância explicada; *: coeficiente de correlação expressivo entre a variável e o CP.

A partir da projeção dos escores fatoriais dos dois primeiros CPs em duas dimensões, constatou-se que 61,34% da variância deve-se à variação temporal representada pelas épocas experimentais (E), de modo que os escores da primeira época (E_1), bem como a direção das variáveis, assumem posições relativas à esquerda no CP1 enquanto que os da segunda época (E_2) localizam-se à direita. No CP2, é possível observar que 15,16% da variância deve-se à separação entre as lâminas de irrigação (L) nos planos superior e inferior. A inobservância de ordem hierárquica entre as lâminas na E_1 denota não haver efeito expressivo das mesmas nesta época. Por outro lado, o fato das maiores lâminas (L_5 e L_6) terem assumido posição no plano superior evidencia influência positiva destas sobre o conjunto de variáveis projetadas no CP2 quando comparadas a L_1 (Figura 1 A e B).

No CP3, observa-se que a L_3 se sobressaiu às demais lâminas na E_1 evidenciando a massa de palhas com elevado poder discriminatório, enquanto que na E_2 as lâminas L_2 e L_5 proporcionaram maior massa de palhas em detrimento do número de espigas por parcela, tendo esta última variável

melhores resultados nas lâminas L₃, L₄ e L₆, enfatizando-se a relação inversa entre estas duas variáveis do CP3 (Figura 1 C e D).

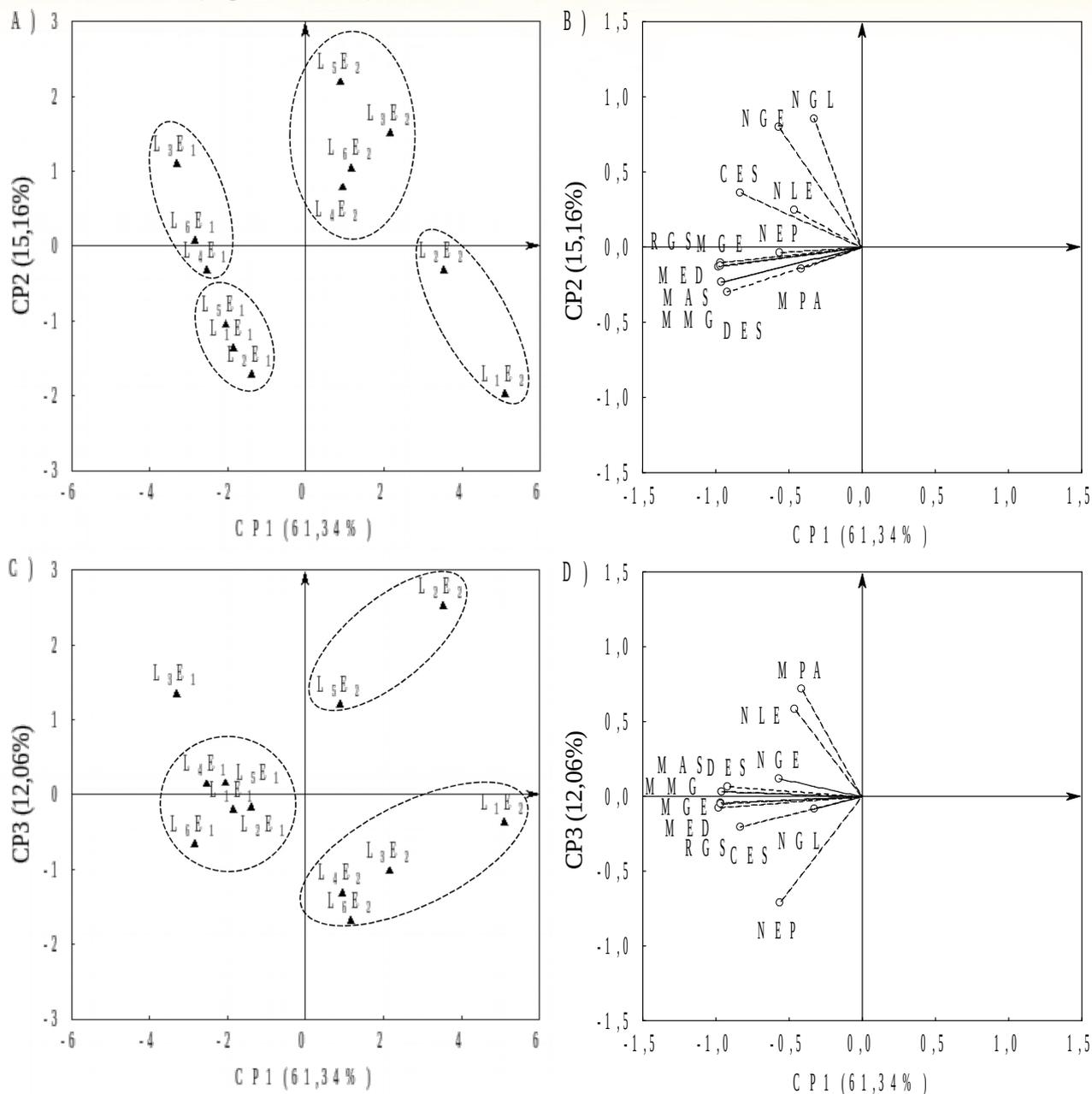


Figura 1. Projeção bidimensional das lâminas de irrigação (L), épocas experimentais (E) e das 12 variáveis nos componentes principais 1 x 2 (A e B) e 1 x 3 (C e D). L₁E₁=444,46 mm, L₂E₁=453,83 mm, L₃E₁=463,21 mm, L₄E₁=472,59 mm, L₅E₁=481,97 mm, L₆E₁=491,34 mm, L₁E₂=467,25 mm, L₂E₂=581,64 mm, L₃E₂=696,01 mm, L₄E₂=810,37 mm, L₅E₂=924,85 mm, L₆E₂=1039,23 mm, E₁=11/04/2015 - 11/08/2015, E₂=25/08/2015 - 25/12/2015.

Resultados e Discussão

Incrementos nos componentes de produção do milho em resposta ao aumento das lâminas de irrigação eram esperados nas condições em que o experimento foi desenvolvido, uma vez que a área experimental está localizada em região semiárida, sendo caracterizada pela limitação temporal e

espacial de recursos hídricos, requerendo o uso de irrigação suplementar para atender a demanda da cultura (Silva et al., 2015). Ressalte-se que o uso de irrigação para complementação da água precipitada naturalmente consiste em importante estratégia de manejo no cultivo de milho, evitando, sobretudo, a deficiência hídrica em fases cruciais de desenvolvimento e produção (Ribeiro et al., 2015).

A redução do espaço multidimensional dos dados deste experimento, em espaço de menor dimensão, consiste em estratégia importante para melhor compreensão dos resultados, constituindo importante ferramenta auxiliar na tomada de decisões sobre o cultivo de milho irrigado com lâminas de água variáveis. De fato, analisar e compreender estudos complexos são tarefas desafiadoras, sobretudo devido ao elevado volume de dados envolvidos e ocorrência de multicolinearidade entre variáveis, evidenciando o emprego de análises multivariadas, por exemplo, Análise de Componentes Principais, como ferramenta eficiente para mitigar estas dificuldades (Ranamukhaarachchi et al., 2017; Yi et al., 2017).

Conclusões

Os componentes de produção do milho, híbrido AG 7088, não foram influenciados pela variação de lâminas de irrigação na primeira época experimental. Na segunda época experimental, o aumento das lâminas de irrigação promoveu ganhos expressivos na massa de mil grãos, rendimento de grãos secos, número de grãos por linha, número de grãos por espiga, massa de sabugo e massa de espiga despalhada.

O emprego de análise multivariada de Componentes Principais foi eficiente para reduzir o espaço multidimensional do conjunto original de variáveis em três dimensões com informações relevantes para evidenciar diferenças entre lâminas de irrigação e épocas experimentais.

Referências Bibliográficas

- ALDERFASI, A. A.; SELIM, M. M.; ALHAMMAD, B. A. Evaluation of plant densities and various irrigation regimes of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low water supply. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, p. 1-8, 2016.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**, Recife: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Solos, 2012. 32 p. (Circular Técnica 211). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>>. Acesso em 26 de setembro de 2016.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia**. Porto Alegre: Artmed, 2013, 608 p.
- HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009, 688 p.
- RANAMUKHAARACHCHI, S. A.; PEIRIS, R. H.; MORESOLI, C. Fluorescence spectroscopy and principal component analysis of soyprotein hydrolysate fractions and the potential to assess their antioxidant capacity characteristics. **Food Chemistry**, v. 217, n. 1, p. 469-475, 2017.
- RIBEIRO, R. B.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L. Crescimento do milho BRS catigueiro irrigado no cariri cearense. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 8, n. 3, p. 81-86, 2015.

- SILVA, J. N.; LINHARES, P. C. A.; FIGUEREDO, J. P.; IRINEU, T. H. S.; SILVA, J. N.; ANDRADE, R. Crescimento do milho bandeirante sob lâminas de irrigação e *mulching*. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 87-96, 2015.
- SILVA, M. R. R.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. **International Rice Research Institute**, v. 1, n. 1, p. 170-180, 2012.
- WU, G.; JOHNSON, S.; BORNMAN, J. F.; BENNETT, S. J.; FANG, Z. Changes in whole grain polyphenols and antioxidant activity of six sorghum genotypes under different irrigation treatments. **Food Chemistry**, v. 214, n. 1, p. 199-207, 2017.
- XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G. Produção de fitomassa do milho sob lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 144-148, 2014.
- YI, S.; LAI, Z.; HE, Z.; CHEUNG, Y.; LIU, Y. Joint sparse principal component analysis. **Pattern Recognition**, v. 61, n. 1, p. 524-536, 2017.