

ANÁLISE MULTIVARIADA NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO SUBMETIDO A POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS

VALBERTO RÔMULO FEITOSA¹, CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI²,
ELIVÂNIA MARIA SOUSA NASCIMENTO³, MARCELO QUEIROZ AMORIM⁴,
JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES⁵

¹ Matemático, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/UFC), Fortaleza, Ceará, (85) 98966-8080, valbertofeitosa@uol.br.

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza- CE.

³ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, DENA/ UFC, Fortaleza- CE.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola DENA/ UFC, Fortaleza- CE.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, DENA/ UFC, Fortaleza- CE.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A cultura do milho é importante em vários contextos da produção agropecuária brasileira, no que diz respeito a fatores econômicos e sociais. Objetivou-se verificar por meio de métodos multivariados, o desempenho produtivo do milho, identificando a correlação entre as variáveis e as componentes principais (CP) entre os tratamentos avaliados. O experimento foi realizado em área experimental pertencente à Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, com delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 2, sendo, duas populações (45.000 e 65.000 plantas ha⁻¹) e dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m), com 20 repetições. Avaliou-se a produção por hectare, número de espiga por hectare, plantas por hectare, altura da planta, altura de inserção da 1ª espiga, massa seca total, massa de 100 grãos, umidade dos grãos, número de grãos por fileiras, número de fileiras, emergência e diâmetro do colmo. Os dados foram submetidos à análise de variância para comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05) e análise de correlação de Pearson. A produção por hectare, espiga por hectare e plantas por hectare retiveram 59,43% das informações totais contidas no conjunto de variáveis. A CP foi efetiva para destacar as variáveis responsáveis pelas maiores variações no desempenho produtivo do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Correlação, componentes de produção, manejo.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN CULTURE IN THE FUNCTION OF THE POPULATION OF PLANTS AND SPACES BETWEEN LINES

ABSTRACT: The corn crop is important in several contexts of Brazilian agricultural production, with respect to economic and social factors. The objective of this study was to verify the maize production performance by means of multivariate methods, identifying the correlation between the variables and the main components (MC) among the evaluated treatments. The experiment was carried out in an experimental area belonging to the Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil, with a randomized block design, a 2 x 2 factorial scheme, populations two (45,000 and 65,000 plants ha⁻¹) and spacing two (0.45 and 0.90 m)

with 20 replicates. The yield per hectare, number of spikes per hectare, plants per hectare, height of the plant, height of insertion of the first spike, total dry mass, mass of 100 grains, grain moisture, number of grains per row, number of Rows, emergency and diameter of high. The data were submitted to analysis of variance for comparison of means by the Tukey test ($p < 0.05$) and Pearson correlation analysis. Production per hectare, spike per hectare and plants per hectare retained 59.43% of the total information contained in the set of variables. The MC was effective to highlight the variables responsible for the greater variations in maize productive performance.

KEYWORDS: Correlation, production components, management.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é o cereal mais cultivado no mundo, na safra 2015/2016, sua produção corresponde a 712 milhões de toneladas. No Brasil, a área cultivada com essa cultura foi de 10,5 milhões de hectares, com uma produção de 40,7 milhões de toneladas e uma produtividade média de 4.818 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

A produtividade do milho no Brasil é considerada baixa, e isto está relacionado com as condições climáticas, arranjo espacial de plantas, bem como à fertilidade do solo e práticas de manejo inadequadas (SANGOI *et al.*, 2010; CHIODEROLI *et al.*, 2012). A população de plantas é um dos principais fatores que influem na capacidade da lavoura em captar recursos do ambiente (água, luz e nutrientes). O espaçamento entre fileiras da lavoura, por sua vez, guarda forte relação com o arranjo espacial entre plantas, sendo passível de ajuste com o intuito principal de reduzir a competição intraespecífica (FOLONI *et al.*, 2014).

O arranjo de plantas de milho realizado por meio de alterações na densidade populacional, de espaçamentos entre linhas, de distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos (ARGENTA *et al.*, 2001).

O potencial de produtividade de grãos de milho é determinado pela densidade de sementeira, população final de plantas, número de espigas por planta, comprimento de espigas, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa média do grão e pelo genótipo utilizado (BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2005).

O uso de técnicas de estatística multivariada avalia simultaneamente as variáveis, identificando aquelas com real poder de discriminação, o que permite a compreensão dos relacionamentos entre as variáveis e as classes de qualidade que se agrupam (GERHARDT *et al.*, 2001).

Objetivou-se verificar por meio de métodos multivariados, o desempenho produtivo do milho, identificando a correlação entre as variáveis e as componentes principais (CP) entre os tratamentos avaliados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, nas coordenadas geográficas de 03°43' latitude Sul e 38°32' longitude Oeste. O clima da região apresenta-se como tropical chuvoso do tipo Aw' conforme classificação de Köppen. O solo é caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 x 2, constituído de duas populações (P1 – 45.000 plantas ha⁻¹; P2 – 65.000 plantas ha⁻¹) e dois espaçamentos (E1 – 0,45 m; E2 – 0,90 m, em delineamento em blocos casualizado, com 20 repetições. A área experimental está em processo inicial de implantação do sistema plantio direto durante condução do milho, recebeu irrigação suplementar por meio de sistema de aspersão convencional. A semeadura foi realizada manualmente, para isso utilizou-se a cultivar Al Avaré, com pureza de 98% e sobrevivência de 85%.

Avaliou-se a produção por hectare (PH), número de espiga por hectare (NEP), plantas por hectare (PH), altura da planta (AP), altura de inserção da 1ª espiga (AE), massa seca total (MST), massa de 100 grãos (MCG), número de grãos por fileiras (NGF), número de fileiras (NF), umidade dos grãos (UG), emergência (E) e diâmetro do colmo (DC).

Para a determinação da altura da planta (AP) foram selecionadas dez plantas da área útil. Com uma fita métrica, foi medida a altura de planta, medindo a distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira. A altura de inserção da primeira espiga (AiE) foi obtida medindo-se da superfície do solo até a inserção da primeira espiga. O diâmetro do colmo (DC) foi mensurado por meio de um paquímetro digital. Para obter o diâmetro do colmo, foi calculada a média das medições do maior e menor diâmetro, no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias, obtendo-se o diâmetro médio do colmo.

Para determinação do número de fileira por espiga (NFE) foi contado o número de fileiras de dez espigas de cada parcela. Para determinação do número de grãos por fileiras (NGF) contou-se o número de grãos por fileira de dez espigas de cada parcela, obtendo-se, assim, a média de cada tratamento.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado a partir de contagens diárias conforme metodologia proposta por Maguire (1962), posterior ao teste de emergência (Equação 1).

$$IVE = [(E_1/N_1) + (E_2/N_2) + \dots + (E_n/N_n)] \quad (1)$$

em que,

IVE é o Índice de Velocidade de Germinação, em número de dias após a semeadura;

N₁, N₂ e N_n são os números de dias após a implantação do teste;

E₁, E₂ e E_n são os números de plântulas computadas nas primeira, segunda e última contagens.

À massa de 100 grãos (MCG) foi obtida de acordo com as Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Para determinar a umidade dos grãos (UG) foi utilizado o medidor de umidade de grãos portátil marca Minipa®, após isso, a massa de grãos produzida foi corrigida para 13% de umidade. Para determinação do número de espigas por hectares (NEH) foram contadas as espigas das linhas centrais de cada parcela com dez metros de cada. Os valores encontrados foram extrapolados para número de espigas ha⁻¹.

Para determinação da produção de matéria seca do milho (MS), primeiramente, foi realizado o corte das plantas de milho a 2 cm acima da superfície do solo dentro da área útil, posteriormente, foram pesadas todas as plantas, descontando-se o peso dos grãos após a trilha, obtendo-se, assim, o peso da massa verde da palha. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar, por 72 h a 65 °C, determinando-se a porcentagem de água e posterior cálculo da produção de massa seca de palha em kg ha⁻¹.

Para produção de grãos (PH), foram coletadas todas as espigas da área útil e em seguida realizada a trilha. Depois da trilha, os grãos foram separados, pesados, determinada a umidade, e os valores foram corrigidos a 13% de umidade, com base nas Regras de Análise de Sementes Brasil (BRASIL, 2009) pela Equação 2. Após transformar a massa dos grãos à base de 13%, os resultados foram extrapolados para kg ha⁻¹.

$$P = I \left(\frac{100-U}{100-13} \right) \quad (2)$$

em que,

P = massa de grãos a 13% de umidade (kg);
 U = teor de água atual dos grãos (%);
 I = massa inicial da amostra (kg).

Os dados foram submetidos à análise de variância para comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e análise de correlação de Pearson. O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis, e quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação. Dancey e Reidy (2005) classificam valores de $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte), seja como for, o certo é que quanto mais perto de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, constataram-se diferenças significativas entre as populações de plantas e os espaçamentos entre linhas para a produção por hectares (PH), espiga por hectares (EH), plantas por hectares (PLH) e emergência (E). A interação entre as populações de plantas e os espaçamentos entre linhas influenciou significativamente a altura de inserção de espiga (AIE) diâmetro do colmo (DC) e umidade dos grãos (UG) (Tabela 1). Farinelli *et al.* (2012), ao avaliarem o efeito de três espaçamentos e três densidades populacionais nas características agrônomicas de dois híbridos de milho, não constaram diferença dos espaçamentos nos componentes de produção. Deparis *et al.* (2007) verificaram maiores massas dos grãos por espiga no espaçamento de 90 cm, quando comparado com o de 60 cm e 45 cm.

TABELA 1. Valores de F obtidos na análise de variância das características avaliadas em função da população (P) e dos espaçamentos (E). **F values obtained in the variance of the characteristic evaluated according to the population (P) and the spacing (E).**

Fonte de Variação	P	E	P x E
Produção por hectares (PH)	10,22 **	6,46 *	0,32 ns
Espiga por hectares (EH)	103,69 **	64,18 **	1,12 ns
Plantas por hectares (PLH)	102,64 **	0,00 **	0,50 ns
Massa dos 100 grãos (MG)	0,23 ns	0,08 ns	1,13 ns
Matéria Seca (MS)	0,21 ns	1,68 ns	0,66 ns
Altura da inserção de espiga (AIE)	0,83 ns	0,00 ns	0,00 *
Altura da Planta (AP)	1,33 ns	0,98 ns	0,25 ns
Número de grãos por fileira (NGF)	1,94 ns	0,96 ns	0,06 ns
Número de fileiras (NF)	0,99 ns	0,39 ns	0,39 ns
Emergência (E)	31,34 **	7,70 **	2,60 ns
Diâmetro do colmo (DC)	1,69 ns	0,00 ns	5,46 *
Umidade dos Grãos (UG)	0,18 ns	2,45 ns	5,27 *

* e ** indicação de diferença significativa obtida na análise de variância a 1 e 5%, respectivamente, ns não significativo.

Na Tabela 2, apresenta-se a matriz de correlação que permite analisar a associação entre variáveis. A produção por hectare (PH) se correlacionou negativamente com plantas por hectare (PLH), altura de inserção da 1ª espiga (AE), altura de planta (AP) e número de grãos por fileiras (NGF), com exceção, espiga por hectare (EH), massa dos 100 grãos (MC), massa seca total (MST), número de fileira (NF), emergência (E), diâmetro do colmo (DC) e umidade dos grãos (UG), havendo uma baixa correlação positiva entre essas variáveis. A maioria dos componentes

de produção apresentaram correlações fracas, com exceção, número de grãos por fileiras (NGF), que se correlacionou negativamente com número de fileiras (NF) e emergência de plântulas (E), apresentando uma correlação moderada e número de fileiras (NF) que apresentou uma correlação forte e positiva com a emergência de plântulas (E).

TABELA 2. Matriz de correlação dos componentes de produção do milho em função da população de plantas (P) e espaçamentos entre linhas (E). **Correlation matrix of maize production components as a function of plant population (P) and row spacing (E).**

	PH	EH	PLH	MG	MST	AE	AP	NGF	NF	E	DC	UG
PH	1,00											
EH	0,33	1,00										
PLH	-0,21	-0,03	1,00									
MG	0,07	-0,14	-0,01	1,00								
MST	0,26	0,05	-0,24	-0,07	1,00							
AE	-0,04	-0,12	0,03	-0,23	0,16	1,00						
AP	-0,15	-0,02	0,63	-0,01	0,06	0,17	1,00					
NGF	-0,10	-0,02	0,07	-0,07	0,26	0,05	0,16	1,00				
NF	0,01	-0,13	-0,08	-0,08	-0,06	-0,12	-0,18	-0,40	1,00			
E	0,02	-0,13	-0,06	-0,01	-0,08	-0,13	-0,13	-0,43	0,86	1,00		
DC	0,22	0,02	-0,00	-0,10	0,11	0,00	0,01	0,10	-0,03	-0,04	1,00	
UG	0,26	0,14	-0,17	-0,03	0,16	-0,16	-0,13	0,10	0,12	0,19	0,40	1,00

produção por hectare (PH), espiga por hectare (EH), plantas por hectare (PLH), emergência (E), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), umidade dos grãos (UG)

Os resultados da análise de componentes principais mostraram que a porcentagem de variância acumulada nos primeiros três componentes compostos pela produção por hectares, espiga por hectares e plantas por hectare retiveram 59,43% das informações totais contidas no conjunto de variáveis, tendo a primeira variável explicando 27,36% da variância total, a segunda 19,21% e a terceira 12,87%, respectivamente.

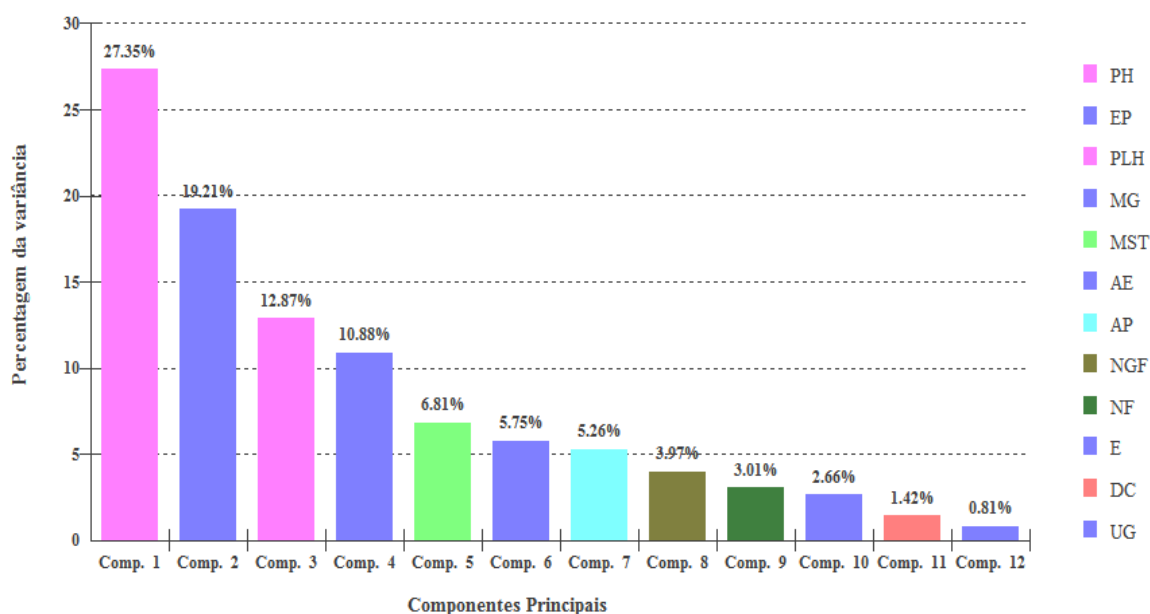


FIGURA 1. Componentes Principais.

CONCLUSÕES

A população de plantas e o espaçamento entre linhas influenciaram nos componentes de produção.

As componentes de produção apresentaram correlação fraca, moderada e forte entre si.

A componente principal (CP) foi efetiva para destacar as variáveis responsáveis pelas maiores variações no desempenho produtivo do milho.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. 2001. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.1075-1084, 2001.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. da Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.161-166, 2005
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2015/2016. Décimo segundo levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- CHIODEROLI, C. A, MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Ed Artmed, 2006.
- DEPARIS, G. A.; LANA, M. DO C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, n.4, p.517-525, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos 2013. 353p.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Cientifica**, v. 40, n.1, p.21-27, 2012.
- FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p. 312-325, 2014.
- GERHARDT, E. T.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, S. J.; SCHUMACHER, M. V. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios de povoamento de Araucária angustifolia, baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da Serapilheira. **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p. 41-57, 2001.
- GILO, E.G.; SILVA JUNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S. E LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no Cerrado Sul-Mato-Grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 908-914, 2011.