

Correlações e Análise de Trilha em Caracteres Agronômicos de Híbridos de Milho Segunda Safra Cultivados em Balsas-MA

Correlations and Trail Analysis in Agronomic Characters of Second Harvest Corn Hybrids Grown in Balsas-MA

Daniel Silva Grespan^a; Alan Mario Zuffo^a; Marlon da Silva Rego^a; Joel Cabral dos Santos^b; Francisco Charles dos Santos Silva^a; Leandra Matos Barrozo^a

^aUniversidade Estadual do Maranhão, Departamento de Agronomia, Campus Balsas. MA, Brasil

^bAccert Pesquisa e Consultoria Agronômica. MA, Brasil.

*E-mail: alan_zuffo@hotmail.com

Resumo

O cultivo do milho na segunda safra está sujeito ao estresse hídrico o que pode ocasionar alteração na redistribuição de fotoassimilados e modificar os caracteres morfológicos envolvidos diretamente na produtividade dos grãos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar por meio da análise de trilha, a influência de caracteres agronômicos na produtividade de grãos em híbridos de milho segundo safra cultivado em Balsas-MA. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo 10 cultivares de milho, com quatro repetições. Quando a cultura atingiu a fase de maturidade fisiológica, foi avaliado a altura das plantas, a altura de inserção de espiga, o comprimento de espiga, o número de fileiras por espiga, o número de grãos por fileiras, o diâmetro da espiga, a massa de mil grãos e a produtividade dos grãos. Os caracteres número de grãos por fileira e diâmetro de espiga são os componentes que apresentam maiores efeito direto positivo e a massa de mil grãos apresentou efeito direto negativo na produtividade dos grãos de milho segundo safra cultivado em Balsas-MA.

Palavras-chave: Milho Safrinha. Seleção Direta. Seleção Indireta. *Zea mays* L.

Abstract

Corn cultivation in the second crop is subject to water stress, which can cause changes in the redistribution of photoassimilates and modify the morphological characteristics directly involved in grain yield. Therefore, the objective of this work was to evaluate, through trail analysis, the influence of agronomic characteristics on grain yield in corn according to crops grown in Balsas-MA. The experimental design used was randomized blocks, with 10 maize cultivars and four replications. When the culture reached the physiological maturity stage, the plant height, ear insertion height, ear length, number of rows per ear, number of grains per row, ear diameter, mass thousand grains and grain yield were measured. The number of grains per row and ear diameter are the components that present the greatest positive direct effect, and the mass of one thousand grains presented a negative direct effect on corn grain yield according to harvest grown in Balsas-MA.

Keywords: *Off-Season Corn. Indirect Selection. Direct Selection. Zea mays* L.

1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais produzidos no Brasil, e o segundo grão mais cultivado com produção total esperada para safra 2021/22 de 115,6 milhões de toneladas o que representa um aumento de 32,7% em relação à safra anterior, sendo importante no agronegócio brasileiro (CONAB, 2022). O Brasil foi o terceiro maior produtor do grão na safra 2021/22 (USDA, 2021), nesse modelo de produção tecnificado o maranhão entra como um dos principais estados de produção agrícola do Brasil destacando-se a microrregião Gerais de Balsas por seu grande avanço em área cultivada e produtividade nos últimos anos (CONAB, 2022).

O cultivo de milho na região do Cerrado Maranhense é caracterizado por apresentar duas safras bem definidas, sendo divididas em cultivo primeira safra (estação primavera-verão), que é semeada de setembro a dezembro e colhida de janeiro a abril, e o segunda safra (estação outono-inverno) que é semeada em janeiro-março e colhidos de maio a agosto

(CONAB, 2022). O milho segunda safra representa mais de 65% de toda produção de milho no estado do Maranhão, sendo cultivado com janela de semeadura nos meses janeiro e fevereiro de acordo com o clima na região do Gerais de Balsas (CONAB, 2022). No Brasil há uma grande diversidade de cultivares de milho, os híbridos têm diferentes características genéticas.

O estudo da inter-relação entre os fatores abióticos e o genótipo é fundamental para encontrar cultivares que proporcionem maiores mudanças em relação positiva a alterações no ambiente inserido, trazendo respostas diferentes a determinados fatores que influenciam diretamente na produtividade da cultura, como disponibilidade de água, luz, temperatura e altitude (SCAPIM *et al.*, 2010). O milho assim como outras grandes culturas possui diferentes variáveis que influenciam na produtividade final, o estudo e entendimento dessas variáveis bem como entender o impacto que elas causam no desempenho agrônomo da cultura é uma das principais formas de buscar alternativas para o manejo

genético e cultural da planta (ROCHA, 2020). Na cultura do milho a produção dos grãos é um caráter complexo resultante da expressão e interação de vários genes, o que culmina em baixa herdabilidade (ALLARD, 1971). Esse fato, em um programa de melhoramento, afeta a obtenção de ganhos genéticos pela seleção direta da variável.

Por meio do método de análise de trilha que possibilita correlacionar uma variável básica de interesse com outras variáveis que influenciam ou não diretamente a variável básica. Assim, é possível avaliar as características bióticas e abióticas que mais influenciam positivamente e negativamente na cultura do milho, principalmente em situações ao qual está exposto a grandes variações de ordem abiótica, o que resulta em respostas expressivas na fisiologia e desenvolvimento da cultura (CRUZ *et al.*, 2013).

A correlação é conceituada como uma medida na associação linear entre variáveis, podendo variar entre -1 e 1 tendo a confiabilidade na associação dos resultados avaliados por testes de significância (YOU *et al.*, 2016), a correlação é dividida em 3 classes sendo ela ambiental, genética ou a fenotípica sendo ela a mais utilizada em análises de variáveis a campo, está relacionada com as alterações visuais presentes em resposta a alterações genéticas, ou ambientais, que muitas vezes burlam as respostas diretas sobre a influência genética (VENCONSKY; BARRIGA, 1992).

Portanto de acordo com Cruz *et al.* (2012), embora a correlação seja intrínseca a dois fatores, um conjunto de alterações podem formar diferentes correlações em um estudo, o que depende do conhecimento do pesquisador em entender e relacionar entre as variáveis suas possíveis inter-relações. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar por meio da análise de trilha, a influência de caracteres agrônômicos na produtividade de grãos na cultura do milho segundo safra cultivado em Balsas-MA.

2 Material e Métodos

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado à campo, na Estação Experimental da 'Accert Pesquisa e Consultoria Agrônômica'

Quadro 1 - Principais propriedades químicas dos solos utilizados no experimento

pH	MO	P _{Mehlich-1}	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V
CaCl ₂	g/Kg	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%
5,4	13,2	26,4	1,21	0,00	1,94	0,43	0,23	3,81	68,3

MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de troca de cátions à pH 7,0. V: Saturação de bases.

Fonte: dados da pesquisa.

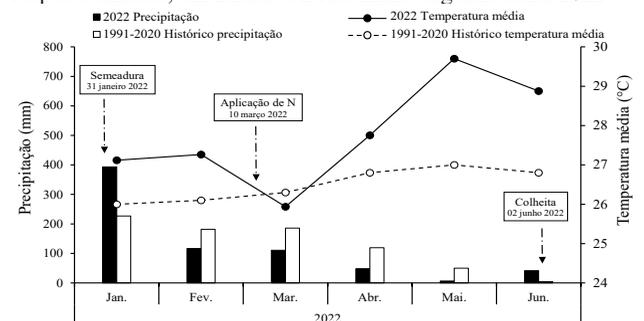
2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo 10 cultivares de milho (NS73 VIP3, NS75 VIP3, NS88 VIP3, NS91 VIP3, NS80 VIP3, NK511 VIP3, NK505 VIP3, NK555 VIP3, NK520 VIP3, B2810 PWU), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por dez fileira espaçadas em 0,50 entre si, e com 10,0 m de

na Fazenda Pequizeiro situada em Balsas – MA, com latitude de 07°31'57" S, longitude 46°02'08" W e altitude cerca de 283 m, na segunda safra de 2022. O município de Balsas localiza-se na parte sul do Maranhão, integrando a microrregião dos Gerais de Balsas, sendo Balsas a cidade principal (PASSOS *et al.* 2017).

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (MARANHÃO, 2002). Sendo que as precipitações totais anuais atingem valores médios de 1175 mm, o balanço hídrico climatológico demonstra que o clima subúmido seco, Megatérmico, com excedente hídrico pequeno ou nulo e com 27% da evapotranspiração anual concentrada no trimestre mais quente do ano, C1da'a' (PASSOS *et al.*, 2017). A época de excedente hídrico está totalmente compreendida nos meses de fevereiro e março, já no período de abril a novembro ocorre deficiência hídrica (PASSOS *et al.*, 2017). Os dados de precipitação durante a condução do experimento são mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Médias mensais da precipitação, temperatura e histórico durante o ano de 2022 e aos anos de 1991 a 2020, respectivamente, em Balsas-MA no milho segunda safra 2022



Fonte: Accert (2022) e Instituto Nacional de Meteorologia (2022).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo com textura arenosa baseado no sistema brasileiro de classificação do solo (SANTOS *et al.*, 2018). Antes de iniciar o experimento, os solos foram amostrados na camada 0-0,20 m e as principais propriedades químicas são apresentadas no Quadro 1.

comprimento, totalizando uma área de 50,0 m². Como área útil, foram consideradas as quatro linhas centrais, sendo desprezado 1, m em cada extremidade, perfazendo uma área de 10,0 m².

2.3 Implantação, adubação e condução dos experimentos

O milho foi cultivado em sucessão a cultura da soja. A

semeadura do milho segunda safra foi mecanicamente no dia 31 de janeiro de 2022, por meio de uma semeadora adubadora, com mecanismo sulcador tipo haste (facão), para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 3 cm, com espaçamento de 0,50 m e 3 sementes de milho por metro, para atingir estande final de 60.000 a 65.000 plantas por hectare. A adubação de base consistiu de 210 kg ha⁻¹ de MAP (11% N-amoniacal e 52% P₂O₅) no sulco de semeadura. Sementes de milho foram previamente tratadas com 70 g de i.a. ha⁻¹ de ciantraniliprole + 70 g de i.a. ha⁻¹ + 0,6; 4,5 e 0,75 g de i.a. ha⁻¹ de metalaxil-M + tiabendazol + fludioxonil, respectivamente.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 20 DAE das plantas de milho, utilizando-se 1,5 L a.i./ha do herbicida atrazina + 101 a.i./ha do tembotriona, também foi adicionado 0,5% de óleo mineral (v/v).

Aos 30 DAE das plantas de milho (V4 - quatro folhas totalmente expandidas), a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de N, cuja fonte foi a ureia. Utilizou os inseticidas Metomil e Acetamiprido + Bifentrina também foram aplicados na dose de 129 e 30 + 30 g ia/ha.

2.4 Variáveis avaliadas

Quando a cultura atingiu a fase de maturidade fisiológica, foi avaliada as seguintes variáveis: altura das plantas (cm) - determinada da superfície do solo até à inserção da última folha com auxílio de uma régua graduada; a altura de inserção de espiga (cm) - determinada da superfície do solo até à inserção da primeira espiga. A colheita manual do milho e a debulha mecânica com auxílio da debulhadora de parcelas, para avaliação dos componentes da produção e da produtividade de grãos (área útil da parcela). Determinou posteriormente o comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileiras e diâmetro da espiga. A colheita de grãos foi realizada na área útil, as espigas foram trilhadas mecanicamente e a produção transformada em kg ha⁻¹ de grãos, padronizada a 13% de umidade. Em seguida, foi mensurado a massa de mil grãos (g) - de acordo com a metodologia descrita em Brasil (2009).

2.5 Análises estatísticas

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de verificação das pressuposições de normalidade e homogeneidade. Quando atendidas tais pressuposições foram submetidos a análise de correlações estatísticas baseadas nas redes de correlação de *Pearson* (limiar fixado em 0,60, $p < 0,05$) entre as diferentes características agrônomicas avaliadas. Uma rede de correlação foi utilizada para ilustrar graficamente as análises de correlação de *Pearson*, em que a proximidade entre os nós é proporcional aos valores de correlação absoluta entre os caracteres morfológicos. A espessura relativa das bandas e a densidade de cor indica a força dos coeficientes de correlação de *Pearson*, e a cor de cada banda indica uma correlação positiva ou negativa

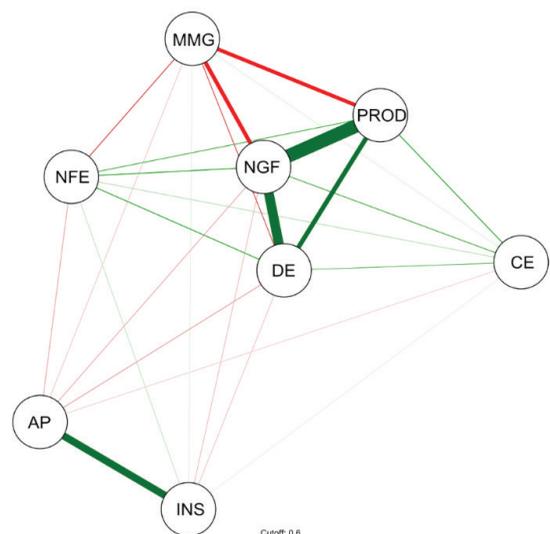
(vermelho para negativo e verde para positivo). Essas análises foram realizadas no software Rbio versão 140 para Windows (Rbio Software, UFV, Viçosa, MG, BRA). Em seguida, foi realizado a análise de trilha, verificando os efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de acordo com o método proposto por Wright (1921). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2013). Antes da análise de trilha, foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade, conforme pormenorizado em Cruz et al. (2012).

O grau de multicolinearidade da matriz de correlações, entre as variáveis independentes do modelo de regressão, foi estabelecido com base em seu número de condições, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação fenotípica. Assim, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca e não ocasiona problema para a análise; quando se situa entre 100 e 1.000, a multicolinearidade é de moderada a forte; e quando é maior que 1.000, a multicolinearidade é severa (MONTGOMERY *et al.*, 2006).

3 Resultados e Discussão

Os resultados da análise de correlação apresentaram efeitos significativos positivos entre as variáveis produtividade, com o número de grãos por fileira e o diâmetro de espiga (Figura 2). Rafiq *et al.* (2010) obtiveram correlação positiva significativa da produtividade de grãos com o diâmetro da espiga do milho.

Figura 2 - Rede de correlação de *Pearson* entre altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (INS), comprimento de espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileiras (NGF), diâmetro da espiga (DE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade dos grãos (PROD)



Fonte: dados da pesquisa.

A produtividade de grãos é controlada por características morfológicas e fisiológicas, assim, o controle genético da produtividade é influenciado por características que se correlacionam com a produtividade. O aumento da

produtividade e a melhoria das características genéticas é função das características morfológicas e fisiológicas (MOUSAVI; NAGY, 2021).

Observou-se interação positiva fraca entre número de fileiras por espiga e comprimento de espiga com produtividade dos grãos, número de grãos por fileiras e diâmetro da espiga (Figura 2). As fracas interações entre essas características demonstram que a ligação entre a produtividade final dos grãos é pouco influenciada pelo número de fileiras por espiga e comprimento de espiga, sendo que, o número de fileiras interfere diretamente na quantidade de grãos por fileira cujo e no tamanho do grão, haja vista, que há uma redistribuição nos fotoassimilados em função do número de drenos. Dessa forma, resulta em menor acúmulo de matéria seca no grão, resultado também observado por Guimarães *et al.* (2014) e Ciappina (2019).

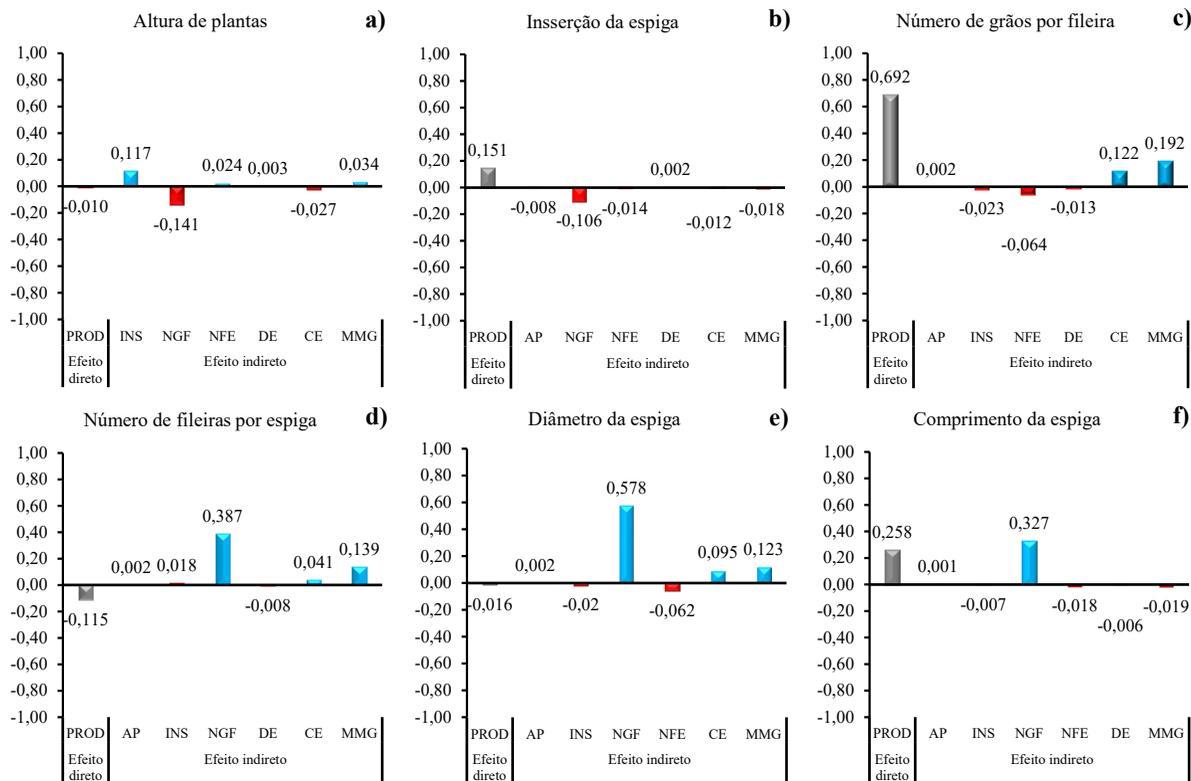
Nos caracteres altura de planta e altura da inserção da espiga, constatou-se correlação positiva forte (Figura 2). É possível relacionar os resultados ao desenvolvimento inicial da planta, onde os fotoassimilados ao serem distribuídos entre o tecido vegetativo para crescimento e desenvolvimento da planta promoveram maior altura de inserção de espiga nas plantas de milho. Esses resultados corroboram aos obtidos por Bispo (2022), o qual, observou relação positiva entre altura de planta e altura de inserção da espiga de milho cultivado no

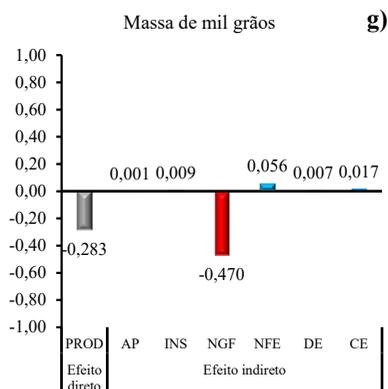
semiárido.

Para a massa de mil grãos, observou-se correlação negativa de forte intensidade com produtividade dos grãos e com o número de grãos por fileira. Possivelmente, esse fato está relacionado devido a produtividade dos grãos é definida a partir da massa de mil grãos, ou seja, grãos com menor acúmulo de matéria seca consiste em uma menor massa e consequentemente menor produtividade, a sua relação negativa com o número de grãos por fileira está relacionado a menor massa de mil grãos com a baixa capacidade de reter fotoassimilados na espiga e transferi-los aos grãos ou uma baixa adaptabilidade as condições de sequeiro dos materiais testados o que resulta em uma espiga com menor número de grãos por fileiras, número de grãos por espiga e diâmetro da espiga por dificuldade de completar seu ciclo normal de desenvolvimento (RAMOS, 2018).

O coeficiente de determinação indica que 0,923 dos efeitos sobre a produtividade são relacionados com os efeitos indiretos dos caracteres analisados (Figura 3). Ou seja 92,3% dos resultados obtidos são explicados por esse modelo. Tais resultados se assemelham aos obtidos por Ferreira *et al.* (2020), os quais verificaram o coeficiente de determinação de 0,98 na análise de trilha no rendimento de genótipos de milho fertilizado com nitrogênio polimerizado e convencional.

Figura 3 - Efeito direto e indireto de sete caracteres na produtividade de grãos do milho segunda safra avaliado na altura de plantas (a), inserção da espiga (b), número de grãos por fileiras (c), número de fileiras por espiga (d), diâmetro da espiga (e), comprimento da espiga (f) e massa de mil grãos (g). Balsas, MA, Brasil. Safra 2021/2022. Coeficiente de determinação do modelo causal (R^2): 0,923. Efeito da variável residual (EVR): 0,277. Teste de multicolinearidade das variáveis explicativas: moderada a forte ($100 < NC < 1000$). Valor NC: 248,97. Valor K: 0,05.





Fonte: Dados da pesquisa.

Para a altura de plantas e inserção da primeira espiga (Figuras 3a e 3b, respectivamente), observou-se nos efeitos diretos e indiretos não foram significativos. O número de grãos por fileiras e o comprimento da espiga (Figuras 3c e 3f, respectivamente) apresentou efeito direto de magnitude positiva com a produtividade dos grãos. Já para a massa de mil grãos, percebeu-se efeito direto negativo na produtividade de grãos (Figura 3g). Constatou-se nas variáveis número de fileiras por espiga (Figura 3d), diâmetro da espiga (Figura 3e), comprimento da espiga (Figura 3f) e massa de mil grãos (Figura 3g) efeitos indiretos de magnitude positiva para três primeiras variáveis e negativa para a última por meio da variável número de grãos por fileiras. Esses resultados se assemelham em partes aos obtidos por Ferreira *et al.* (2020). Os autores verificaram que os efeitos influenciaram de forma direta no rendimento de genótipos de milho superiores foram influenciados positivamente pelos genótipos que possuíam menor número de grãos por fileira. Já, Pinheiro *et al.* (2021) ao analisar os atributos físicos de milho em sistema de cultivo convencional concluíram que os efeitos diretos que representam a massa da espiga são os atributos massa total da espiga e massa de grãos da espiga e, os efeitos indiretos foi a massa total da espiga que influenciou a massa dos grãos da espiga.

Para o número de fileira por espiga, verificou-se correlação de baixa magnitude e negativa com a produtividade dos grãos (Figura 3d). Esses resultados também foram observados por Eggers (2022), o qual, ao analisar a relação entre os caracteres agrônômicos associados a aplicação de fungicidas no milho, concluiu que o número de fileiras por espiga possui fraca magnitude de associação com o efeito de produtividade de grãos, tendo menor importância na busca por genótipos de maior produtividade.

O comprimento da espiga afetou significativamente de forma direta a produtividade dos grãos, pois, uma espiga com maior comprimento e maior espaço para alocar os grãos na espiga.

Na massa de mil grãos (Figura 3g), constatou-se efeito negativo direto sobre a produtividade, também é possível verificar que o número de grãos por fileiras possui efeito indireto negativo sobre a produtividade dos grãos. Assim, a

medida que o número de grãos por fileira aumenta, menor é a massa de mil sementes da espiga, efeito observado por Watanabe (2020) que concluiu que as variáveis que interferem diretamente na massa dos grãos afetam diretamente na produtividade final da cultura do milho.

4 Conclusão

Os caracteres número de grãos por fileira e diâmetro de espiga são os componentes que apresentam maiores efeito direto positivo e a massa de mil grãos apresentou efeito direto negativo na produtividade dos grãos de milho segundo safra cultivado em Balsas-MA.

Agradecimento

Os autores agradecem à “Accert Pesquisa e Consultoria Agrônômica” pelo apoio financeiro e a disponibilidade da área experimental.

Referências

- ALLARD, R.W. *Princípios do melhoramento genético de plantas*. São Paulo, Edgard Lucher, 1971. 381p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009.
- BISPO, P.C.F. Caracterização fenotípica de genótipos experimentais elite de milho em condições semiáridas em Sergipe. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe, 2022.
- CIAPPINA, A.L. Caracterização de Híbridos e Associação entre Caracteres para Produção de Silagem em Milho. Goiania: Universidade Federal do Goiás, 2019.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: Grãos Safra 2021/2022 - N. 7 – Sétimo levantamento. CONAB, Brasília, v.9, n.7, p.1-93, 2022.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scie. Agro.*, v.35, n.3, p.271-276, 2013. doi: 10.4025/actasciagron. v35i3.21251
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 2012.
- EGGERS, H.S. Relação entre caracteres agrônômicos na cultura de milho associado ao manejo de fungicida. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2022.
- FERREIRA, L.L. *et al.* Rendimento de genótipos de milho fertilizado com nitrogênio polimerizado e convencional: uma análise uni e multivariada. *Res. Soc. Develop.*, v.9, n.10, 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i10.7792
- GUIMARÃES, A.G. *et al.* Seleção de Genótipos Superiores de Milho para Cultivo no município Couto de Magalhães de Minas – MG. *Rev. Bras. Agropec. Sustentável*, v.9, n.2, p.110-119, 2019. doi: 10.21206/rbas.v9i2.7976
- MARANHÃO - Governo do Estado do Maranhão. *Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico - GEPLAN*. Atlas do Maranhão. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2002. p.39.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A.; VINING, G.G.

- Introduction to linear regression analysis*. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- MOUSAVI, S.M.N.; NAGY, J. Evaluation of plant characteristics related to grain yield of FAO410 and FAO340 hybrids using regression models. *Cereal Res. Com.*, v.49, n.1, p.161-169, 2021. doi: 10.1007/s42976-020-00076-3
- PASSOS, M.L.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. *Rev. Scie. Agra.*, v.18, n.1, p.83-89, 2017. doi: 10.5380/rsa.v18i1.48584
- PINHEIRO, L.S. *et al.* Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. *Res. Soc. Develop.*, v.10, n.1, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i1.10832
- RAFIQ, C.M. *et al.* Studies on heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.). *J. Agricul. Res.* v.48, n.1, p.35-38.
- RAMOS, A.A.A. *Evolução dos sistemas de produção de grãos: do monocultivo aos sistemas integrados de produção. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras.* Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018.
- ROCHA, G. *et al.* Características morfoagronômicas na colheita principal e na soca e análise de trilha em tipos especiais de arroz. *Rev. Ciênc. Agron.*, v.29, n.1, p.38-49, 2020. doi: 10.32929/2446-8355.2020v29n1p38-49
- SANTOS, H.G. *e al.* *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Embrapa, 2018.
- SCAPIM, C.A. *et al.* Novos compostos de milho-pipoca para o Brasil. *Ciênc. Agrár.*, v.31, p.321-330, 2010. doi: 10.5433/1679-0359.2010v31n2p321
- USDA - United States Department of Agriculture. *World Agricultural Production. Foreign Agricultural Service*, 2021.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.
- WATANABE, I.A.M. Potencial genético e correlação entre caracteres em população de milho branco. Goiânia: Universidade Federal do Goiás, 2020.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. *J. Agricul. Res.*, v.20, n.7, p.557-585, 1921.
- YOU, F.M. *et al.* Estimation of genetic parameters and their sampling variances for quantitative traits in the type 2 modified augmented design. *Crop J.*, v.4, n.2, p.107-118, 2016. doi: 10.1016/j.cj.2016.01.003