

COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO COM CARACTERÍSTICAS PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE MINIMILHO

Yrlânia Lira Guerra *

Myrzânia Lira Guerra**

Fancisco José Oliveira ***

José Nildo Tabosa****

Periclés Albuquerque Melo Filho*****

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar seis genótipos de milho com características promissoras para a produção de minimilho e adaptados à região da Zona da Mata de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. O experimento foi conduzido no campus experimental da Fitotecnia na UFRPE, entre 2014/2015. Foram avaliados seis genótipos, quanto a dez variáveis agronômicas. Na análise de variância pode ser observado que as variáveis significativas para produção do minimilho foram: número de espigas, início para a diferenciação da panícula, altura da planta aos 30 dias após a emergência, peso da espiga e peso da parte aérea. As correlações genotípicas foram mais elevadas do que as fenotípicas, porém de mesmo sinal, indicando menor influência do ambiente na expressão dos caracteres. Na análise de trilha ficou demonstrado que mais de 96% (R^2) de influência das variáveis sobre número de espigas e com um baixo efeito residual 0,17, confirmando que as variáveis analisadas influenciam na produção do número de espigas do minimilho. Os caracteres mais importantes na determinação direta da produção do minimilho foram: altura de planta aos 30 e 60 dias após a emergência, peso de espigas e peso da parte aérea. Recomenda-se a utilização dos genótipos CMS47, CMS39 e AL-25 para futuros trabalhos de melhoramento.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de trilha; Correlação fenotípica; Efeitos diretos; Melhoramento vegetal; *Zea mays*.

* Eng^a Agrônoma. Doutora em Melhoramento Genético de Plantas Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil.

** Eng^a Agrônoma. Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil.

*** Doutor em Botânica pela UFRPE. Docente adjunto na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil.

**** Doutor em Tecnologias Energéticas Nucleares pela UFPE. Pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA / SEDE), Brasil.

***** Docente adjunto na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil.
E-mail: periclesmf@gmail.com

BEHAVIOR OF CORN GENOTYPES WITH PROMISING CHARACTERISTICS FOR MINI-CORN PRODUCTION

ABSTRACT: Six corn genotypes with promising characteristics for the production of mini-corn and adapted to the Zona da Mata region, Pernambuco, Brazil, were evaluated. The experiment was performed at the Phytotechnical Experimental Campus of the UFRPE, between 2014 and 2015. Six genotypes were evaluated for ten agronomic variables. Variance analysis revealed that the significant variables for mini-corn production were: number of spikes, differentiation panicle start, height of plant after 30 days of emergence, weight of spike and weight of aerial segment. Genotype co-relationships were higher than the phenotype ones, albeit of the same sign. This fact showed a smaller influence of the environment on the characteristics. Trail analysis revealed more than 96% (R^2) of the variables' influence on the number of spikes and low residual effect 0.17, confirming that variables affected the production of the number of spikes of mini-corn. The most important characteristics in the direct determination of mini-corn production were plant height at 30 and 60 days after emergence, spike weight and weight of the aerial segment. The use of genotypes CMS47, CMS39 and AL-25 is recommended for further improvement research work.

KEY WORDS: Trail analysis; Phenotype co-relationship; Direct effects; Vegetal improvement; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho possui uma classe especial denominada de milhos especiais, nesta estão inseridos todos aqueles tipos de milhos que não são cultivados para a produção de grãos secos. Sua produção envolve a produção de milho verde comum, milho verde doce, milho pipoca, o milho destinado à produção de minimilho, milho com elevado teor de óleo, alta qualidade proteica, milho para canjica, dentre outros, que possuem nicho de mercados próprios com grande valor agregado (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

O minimilho, também chamado de “baby corn”, é o nome dado à espiga de milho antes de ser polinizada, colhida dois ou três dias após a emissão do estilostigmas (PEREIRA FILHO *et al.*, 2008). Seu cultivo é de aproximadamente 70 dias (emergência da planta à colheita), por isso o minimilho exige cuidados, principal-

mente, na pós-colheita (BLANCO *et al.*, 2011). Inicialmente, achava-se que qualquer tipo de milho pode ser utilizado para a produção de minimilho, variando apenas a densidade de plantio e a época de colheita em relação ao milho destinado à produção de grãos (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001).

No Brasil, o minimilho é consumido de forma *in natura*, pelo fato de não conter conservantes ou produtos aditivos químicos; por esses motivos, a produção de minimilho *in natura* cresceu bastante no país (DHASARATHAN *et al.*, 2012). No entanto é pouco explorada, embora os mercados internos e externos sejam promissores em relação ao consumo deste alimento (RODRIGUES; SILVA; MORI, 2004). A carência de informações de como conduzir a produção de minimilho, no Brasil, é um dos principais fatores que contribuem para o não desenvolvimento dessa cultura no país (PEREIRA FILHO; GAMA, 2001). Até o momento, não há relatos de cultivares específicos para a produção de minimilho; em tese, pode-se utilizar qualquer tipo de milho (LOPES *et al.*, 2016).

O desenvolvimento de novas cultivares de milho bem adaptadas às condições climáticas do Brasil e de alta produtividade é de suma importância para se incrementar o rendimento dessa atividade agrícola (TEIXEIRA, 2008). No entanto, o desempenho de cultivares comporta-se de maneiras distintas, variando normalmente com os ambientes e as condições climáticas existentes, porém dificilmente uma cultivar será a melhor em todas as condições de cultivo (PAIXÃO *et al.*, 2008).

Com o advento da indústria de conservas, o minimilho tornou-se gradualmente importante, apresentando um crescimento na área de cultivo (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Contudo nas prateleiras dos mercados ainda é possível encontrar esse produto oriundos de importação, principalmente dos países asiáticos, como a Tailândia, isso indica que há necessidade de ampliar, ainda mais, a produção dessa cultura, através do uso de novas tecnologias, oferecendo lucros significativos aos produtores (EMBRAPA, 2008). O objetivo com este trabalho foi avaliar seis genótipos de milho com características promissoras para a produção de minimilho e adaptados à região da Zona da Mata de Pernambuco, para posterior uso nos programas de melhoramento genético da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Campus experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizado na cidade do Recife, latitude de 8°01'88''N, longitude 34°94'55''E e altitude de 11,7 m. O experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições e seis tratamentos, compostos pelos genótipos: CMS35; CMS47; CPATC-4; CPATC-3; AL-25; CMS39. Esses genótipos foram selecionados por serem as matrizes do melhoramento das plantas de milho no país.

Cada parcela experimental foi formada por sete fileiras de 2,5 m de comprimento e espaçadas por 1,0 m, com densidade de plantio de 20 plantas/metro linear. A área útil da parcela consistiu das cinco fileiras centrais. Nas avaliações foram desprezadas as quatro plantas iniciais e finais de cada fileira da área útil conforme utilizado por Pereira Filho, Cruz e Alvarenga (2005).

O plantio foi efetuado no mês de setembro de 2014, foi realizada a análise do solo e as adubações e os tratos culturais foram procedidos de acordo com as recomendações de Pereira Filho e Karam (2008). Durante a condução do experimento foram avaliadas as seguintes características:

ALTURA DE PLANTA (CM): Aos 30 e 60 dias após a emergência (d. a. e.) foram mensuradas as alturas das plantas com o auxílio de uma régua milimetrada, a partir do colo da planta ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta, obtendo uma média de todas as plantas/genótipo;

INÍCIO DA DIFERENCIAÇÃO DA PANÍCULA: O número de dias após a emergência da planta a diferenciação da panícula, observada quando a planta apresentou de quatro a seis folhas definitivas plenamente expandidas;

NÚMEROS DE ESPIGAS: Em pleno florescimento, as espigas produzidas pelas plantas da área útil da parcela foram coletadas e contabilizadas ao final da colheita;

COMPRIMENTO DAS ESPIGAS DE MINIMILHO COM E SEM PALHA (CM): Obtidos pela medição das espigas com o auxílio de uma régua graduada;

DIÂMETRO DAS ESPIGAS DE MINIMILHO COM E SEM PALHA (CM): Coletados com o auxílio de um paquímetro digital;

PESO DA ESPIGA (KG/HA): Após serem despalhadas as espigas foram pesadas em balança digital e extrapolados para hectares;

PESO DA PARTE AÉREA APÓS A COLHEITA (KG/HA): Após a colheita das espigas na área útil da parcela, as plantas foram pesadas em balança digital e calculado o peso para kg/ha.

As colheitas foram realizadas a cada dois dias e quando os estilo-estigmas das espigas apresentavam aproximadamente quatro centímetros de comprimento e de cor branca (PEREIRA FILHO *et al.*, 2009). Depois de colhidas as espigas foram embaladas e colocadas no gelo para manter suas características e evitar a degradação de enzimas presentes nessa fase fenológica, mantidas no gelo até a coleta dos dados.

A regressão linear múltipla foi realizada para estimar a equação de predição do número de espigas do minimilho (na qual foram selecionadas apenas as variáveis significativas) levando-se em consideração o coeficiente de determinação para as equações de predições ajustadas e a análise de correlação entre as variáveis.

Os dados foram submetidos às análises de variância, teste de média, correlações fenotípicas e genotípicas e análise de trilha. Todas as análises foram realizadas no programa GENES versão 2005.0 (CRUZ, 2005; CRUZ; CARNEIRO, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se (Tabela 1) o efeito significativo para as características: número de espigas (NE), diferenciação da panícula (DP), altura da planta aos 30 dias após a emergência (d. a. e.) (ALT¹), peso das espigas (PE) e peso da parte aérea (PPA). A diferença significativa ocorrida nessas variáveis ocorre devido à constituição genética distinta que as cultivares possuem entre si. Pereira Filho e Cruz (2001) afirmam que qualquer tipo de milho pode ser utilizado para a produção de minimilho, variando apenas a densidade de plantio e a época de colheita em relação ao milho destinado à produção de grãos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância do, quanto à produção de minimilho, em Recife (PE), no ano de 2014/2015

FV	GL	Quadrado médio									
		ALT ¹	ALT ²	CCP	DCP	CSP	DP	DSP	NE	PE	PPA
Bl	4	1,74	201,56	2,44	0,02	1,82	1,72	0,01	0,04	0,06	0,01
Trat	5	39,48**	348,72 ^{ns}	11,42 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,24 ^{ns}	101,56**	0,22 ^{ns}	3,48**	12,31**	4,39**
Res	20	6,98	152,92	5,77	0,08	5,05	7,00	0,12	0,04	0,19	0,05
CV		6,36	7,54	12,87	12,48	27,70	9,35	21,96	6,98	5,76	10,46
Méd		41,55	163,96	18,66	2,37	8,11	28,27	1,59	299,93	803,89	229,59

** Significativo pelo teste *F* (valor de $P = 0,01$); ns = não significativo; CV = coeficiente de variação em porcentagem (%). FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; Méd = Média. NE = Número de espigas; ALT¹ = Altura da planta aos 30 d. a. e.; ALT² = Altura da planta aos 60 d. a. e.; DP = Diferenciação da panícula; CCP = Comprimento da espiga com palha; DCP = Diâmetro da espiga com palha; CSP = Comprimento da espiga sem palha; DSP = Diâmetro da espiga sem palha; PE = Peso da espiga; PPA = Peso da parte aérea.

A equação de predição obtida pela regressão linear múltipla foi ajustada para número de espigas, e teve um coeficiente de determinação (R^2) de 77,11%, sendo que as demais variáveis não foram significativas.

Na Tabela 2 são apresentadas a constante e as estimativas dos coeficientes das variáveis formando a equação que utiliza a composição em altura das plantas aos 30 e 60 d. a. e., início da diferenciação da panícula, comprimento da espiga com e sem palha, diâmetro da espiga com e sem palha, peso da espiga e peso da parte aérea, quanto à produção de minimilho.

O alto valor do R^2 demonstra que o número de espigas foi influenciado, principalmente, pelas variáveis de altura das plantas aos 30 e 60 d. a. e., peso da espiga e peso da parte aérea. A equação estabelecida para determinar o número de espigas (NE) de minimilho foi:

$$NE = -1,77 + 0,08 \text{ ALT}^1 + 0,01 \text{ ALT}^2 + 0,27 \text{ PE} - 56,42 \text{ PPA}, \text{ em que:}$$

ALT¹ = altura de planta após 30 dias da emergência;

ALT² = altura de planta após 60 dias da emergência;

PE = Peso de espiga;

PPA = Peso da parte aérea.

Através da equação estabelecida para determinar o número de espigas é possível observar quais variáveis têm efeito sobre a produção e a relação entre elas. A interpretação correta dessa equação faz-se necessária para que o pesquisador possa prever ou simular os efeitos sobre uma determinada variável em decorrência das alterações introduzidas ou causadas por uma ou mais variáveis (RAWLINGS; PANTULA; DICKEY, 1998).

Tabela 2. Componentes da equação de predição do número de espigas de minimilho em função das nove variáveis analisadas, em Recife (PE), no ano de 2014/2015

Constante	Coeficientes									R ² (%)
	ALT ¹	ALT ²	DP	CCP	DCP	CSP	DSP	PE	PPA	
-1,77	0,08	0,01	---	---	---	---	---	0,27	-56,42	77,11

ALT¹: Altura da planta com 30 dias após emergência; ALT²: Altura da planta com 60 dias após emergência; DP: Diferenciação da panícula; CCP: Comprimento da espiga com palha; DCP: Diâmetro da espiga com palha; CSP: Comprimento da espiga sem palha; DSP: Diâmetro da espiga sem palha; PE: Peso da espiga; PPA: Peso da parte aérea; --- = variáveis não significativas.

O valor de R² (%) para este modelo foi o maior obtido, indicando que as variáveis mensuradas podem representar uma maior precisão para o número de espigas. Licht e colaboradores (2017) relataram que mesmo com um baixo coeficiente de determinação ($0,70 > R^2 > 0,55$) as variáveis podem ser significativas. Ao realizarem a análise de regressão múltipla, afirmaram que o de R² deve ser aliado com a significância e a correlação entre as variáveis analisadas.

Draper e Smith (1981) afirmam que a influência de cada variável, significativa na análise de regressão, deve ser esclarecida através das correlações de Pearson. As correlações fenotípicas (r_f) e genotípicas (r_g) das principais variáveis indicadas pela análise de regressão linear múltipla são expressas na Tabela 3.

As correlações genotípicas (r_g) foram maiores que as correlações fenotípicas (r_f) para todas as variáveis e de mesmo sinal, demonstrando distintos graus de

associação genética entre as características avaliadas indicando menor influência do ambiente na expressão dos caracteres (HOOGERHEIDE *et al.*, 2007).

As correlações r_f e r_g positivas e significativas foram observadas entre as variáveis NE x ALT¹ e ALT¹ x ALT². Entretanto, nas variáveis NE x PPA, PE x ALT¹ e PE x ALT² obteve-se correlações r_f e r_g negativas e significativas. Isso indica que quanto mais alta for a planta haverá uma maior possibilidade de emitir um maior número de espigas e uma redução significativa no peso das espigas, porém se a planta produzir uma grande quantidade de matéria verde isso poderá reduzir o número de espigas esperadas.

Tabela 3. Correlações fenotípicas (r_f) e correlações genotípicas (r_g) entre as características agrônômicas, avaliadas em seis genótipos de milho quanto à produção de minimilho, em Recife (PE), no ano de 2014/2015

Características	Correlações	
	r_f	r_g
NE x ALT ¹	0,40*	0,46*
NE x ALT ²	0,21 ^{ns}	0,22 ^{ns}
NE x PE	-0,20 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
NE x PPA	-0,86*	-0,87*
ALT ¹ x ALT ²	0,96**	1**
ALT ¹ x PE	-0,92*	-1*
ALT ¹ x PPA	-0,45 ^{ns}	-0,51 ^{ns}
ALT ² x PE	-0,94**	-1**
ALT ² x PPA	-0,36 ^{ns}	-0,47 ^{ns}
PE x PPA	0,35 ^{ns}	0,36 ^{ns}

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t; *significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t; ns: não significativo. Número de espigas (NE); Altura da planta com 30 dias após emergência (ALT¹); Altura da planta com 60 dias após emergência (ALT²); Peso da espiga/hectare em toneladas (PE); Peso da parte aérea/hectare em toneladas (PPA).

Observou-se nas correlações r_g de NE x ALT¹, ALT¹ x ALT², ALT¹ x PE e ALT² x PE que foram as mais significativas as correlações ALT¹ x ALT², ALT¹ x PE e ALT² x PE tiveram valor de 1. As correlações com este valor ocorrem devido às distintas habilidades de produção (produção de grãos ou matéria verde) dos materiais utili-

zados na pesquisa. A altura da planta está diretamente relacionada com o número de espigas produzidas.

Os materiais precoces após emitirem as panículas cessaram seu crescimento, entretanto os materiais tardios continuaram a se desenvolver e expandindo as folhas, indicando que as cultivares mais precoces utilizaram as reservas de energia da planta no crescimento da planta até a emissão do pendão, logo após a emissão as reservas foram direcionadas para o enchimento das espigas. As cultivares tardias utilizaram suas reservas nutricionais na produção da biomassa restando menos reservas para o enchimento das espigas.

Dovale, Fritsche-Neto e Silva (2011) (*apud* SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1985) afirmam que as cultivares modernas possuem uma estrutura menor, pois plantas muito altas tornam o pendão como um forte dreno que demanda grande quantidade de fotoassimilados para sua formação e manutenção, desse modo há relação negativa entre a altura da planta e o peso das espigas.

Carvalho, Von Pinho e Rodrigues (2009a) relataram que para a produção de minimilho além do comprimento e do diâmetro das espigas é necessário levar em consideração a altura das plantas, a produção de matéria verde que a planta produz e a condição da planta ser prolífera.

Essa relação do número de espigas com a quantidade de biomassa produzida é compreendida pela própria fisiologia da planta. O milho possui uma acentuada capacidade fisiológica na conversão de carbono mineral em compostos orgânicos, particularmente carboidratos. A eficiência da conversão de energia radiante em matéria seca deve-se ao processo fotossintético tipo C₄, o qual o gás carbônico é concentrado nas células da bainha vascular foliar e os carboidratos produzidos são translocados para regiões onde serão estocados ou metabolizados (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Magalhães e Paiva (1993) concluíram que durante o desenvolvimento do milho na fase vegetativa, o transporte das substâncias sintetizadas nas folhas (fonte), ocorre na direção das regiões meristemáticas da planta, devido à intensa atividade metabólica. Na fase reprodutiva, após a emissão do pendão (dreno), a planta redireciona o fluxo de fotoassimilados, passando a priorizar desenvolvimento das espigas e, posteriormente, os grãos. A fase do enchimento dos grãos de milho é o processo

mais intenso de consumo e acumulação dos fotoassimilados. Essas relações fonte/dreno nas plantas de milho se alteram continuamente durante o ciclo (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Para este estudo de comportamento de genótipos de milho das características analisadas as que mais influenciaram na produção foram às alturas 30 d. a. e. e 60 d. a. e. E a matéria verde produzida, estas corroboram com os resultados obtidos por Gent (1994) que também considerou estas mesmas características as mais importantes que influenciam diretamente na produção (Tabela 4).

Na análise de médias houve uma variação quanto ao número de espigas produzidas, os genótipos CPATC-3, CPATC-4 e o AL-25 produziram um baixo número de espigas, compondo o grupo das cultivares tardias e maior peso da parte aérea da planta. Os genótipos CMS35 e CMS47 foram os que tiveram a diferenciação da panícula com o menor número de dias (precoce) e com os valores mais baixos do peso da espiga e do peso da parte aérea da planta. O AL-25 foi o que menos produziu espigas, porém obteve um dos mais elevados pesos da espiga e peso da parte aérea. Já o CMS39 apresentou um alto número de espigas produzidas, teve uma das menores alturas aos 30 d. a. e. e foi o genótipo que apresentou o maior peso de espigas.

Tabela 4. Médias das variáveis analisadas dos seis genótipos de milho quanto à produção de minimilho, em Recife (PE), no ano de 2014/2015

Genótipos	Médias das variáveis									
	ALT ¹	ALT ²	CCP	DCP	CSP	DP	DSP	NE/ha	PE/ha	PPA/ha
AL-25	39,63 bc	157,11 a	18,20 a	2,31 a	7,79 a	29,47 a	2,00 a	223.161 d	862,11 b	346.956 a
CMS35	43,09 ab	171,11 a	17,91 a	2,16 a	7,91 a	23,59 b	1,49 a	277.895 c	668,63 d	158.000 d
CMS39	37,45 c	151,03 a	20,85 a	2,62 a	10,13 a	29,45 a	1,61 a	331.797 b	1.101,05 a	208.952 c
CMS47	45,05 a	170,72 a	17,06 a	2,47 a	6,70 a	22,05 b	1,45 a	462.956 a	648,42 d	85.586 e
CPATC-3	43,44 ab	170,09 a	17,76 a	2,38 a	8,16 a	33,44 a	1,42 a	249.262 cd	762,11 c	316.531 a
CPATC-4	40,65 abc	163,71 a	20,23 a	2,31 a	8,00 a	31,65 a	1,57 a	254.530 cd	781,05 bc	261.583 b
C.V.(%)	6,36	7,54	12,87	12,48	27,70	9,35	21,96	6,98	5,76	10,46

NE/ha: Número de espigas/hectare; DP: Diferenciação da panícula em dias; ALT¹: Altura da planta com 30 dias após emergência (cm); ALT²: Altura da planta com 60 dias após emergência (cm); CCP: Comprimento da espiga com palha (cm); DCP: Diâmetro da espiga com palha (cm); CSP: Comprimento da espiga sem palha (cm); DSP: Diâmetro da espiga sem palha (cm); PE/ha: Peso da espiga (kg)/hectare; PPA/ha: Peso da parte aérea (kg)/hectare. Letras semelhantes dentro das colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Isso reflete a necessidade de estudos mais completos das relações entre essas variáveis, a fim de se obter um produto que atenda aos padrões de exigência do mercado consumidor e colabore para um maior rendimento dos produtores (PE-REIRA FILHO; CRUZ, 2001).

A quantidade de espigas produzidas entre os tratamentos variou de 223.161 a 462.956 ha⁻¹ e a produção variou de 648 a 1.100 kg ha⁻¹, essa produção é considerada baixa quando se comparada com a produção da Tailândia, um dos maiores exportadores de minimilho, o qual produz em média cerca de 9 t ha⁻¹ (SINGH *et al.*, 2015). A baixa produtividade indica a necessidade de se investir em programas de melhoramento genético. A carência de dados sobre a produção de minimilho limita a discussão da presente pesquisa neste contexto.

O número de espigas produzidas pela planta está diretamente relacionado à altura da planta e ao início da floração. Quanto mais alta e precoce for a planta, há

uma grande probabilidade desta planta colocar mais de duas espigas por indivíduo durante o ciclo. A precocidade das plantas é proposta como um dos indicadores de bom potencial para produtividade (CASTRO; SILVA; CARDOSO, 2013). Carvalho e Serpa (1987) estudaram estas correlações para as mais distintas populações de milho visando à produção de minimilho nos Estados de Sergipe, Espírito Santo e Pernambuco.

Carvalho (1988) trabalhando em dez locais no Estado de Sergipe confirmou esses resultados, destacando os materiais de milho CMS47 e CMS35 como os mais precoces. Nos anos seguintes, este mesmo autor desenvolveu diversas pesquisas em todo o Nordeste brasileiro correlacionando as variáveis de precocidade e a produção de espigas.

Durante 1994 a 1996, Carvalho *et al.*, 1996 avaliaram 25 cultivares de milho, sendo 14 híbridos, 6 variedades e 5 populações, em 13 regiões do Agreste e do Sertão nordestino, e obtiveram como um dos mais novos genótipos propícios para produção a BR 5039. Este genótipo foi inicialmente chamado de CMS39, e lançado oficialmente como variedade BR 5039 (São Vicente) em 1997, sendo recomendada para todo o Estado do Piauí.

Carvalho, Souza e Ribeiro (2003) avaliaram a população CPATC-3 e CPATC-4 e utilizaram o peso das espigas para estimar a produtividade. A partir disto, estimaram o coeficiente de herdabilidade baixa de 40,02% e 40,20%, respectivamente. E concluíram que estas populações ainda possuíam variabilidade genética suficiente para conseguir bons aumentos na produção de espigas.

O cultivar AL-25 foi desenvolvido pelo Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes da CATI (DSMM), em 1993, destacou-se no cenário brasileiro como uma variedade de grande adaptabilidade, estabilidade e potencial produtivo. Sua origem ocorreu através de cruzamentos ao acaso de cultivares precoces, obtidas após diversas gerações de recombinação e seleção massal (CATI - DSMM, 2010).

No presente estudo ficou demonstrado que, em termos de precocidade, destacaram-se os genótipos CMS35, CMS47, CMS39 e o AL-25 aos quais associaram essa precocidade a um bom potencial para produtividade. A superioridade desses materiais foi também detectada por Carvalho (1987) em vários ambientes durante os anos agrícolas de 1982, 1984 e 1985 no Estado de Sergipe, e por Ferrão, Santos e

Dessaune Filho (1986) em cinco locais no Espírito Santo.

No Estado de Pernambuco foram avaliados estes mesmos genótipos para a região da Zona da Mata e Agreste e confirmou-se a todos os resultados anteriormente obtidos (CARVALHO *et al.*, 2009b).

Não há relatos de teste de médias em relação à produtividade dos genótipos de milho para a produção de minimilho/hectare, sendo inviável, portanto, a comparação da produção de milho com a do minimilho, pois ocorrerão diferenças entre as médias, uma será sempre maior (número de espigas/hectare) e a outra sempre menor (peso das espigas/hectare).

Para um ganho na produção mais eficiente, recomenda-se a seleção simultânea de caracteres, utilizando a análise de correlação de forma mais efetiva (FALCONER; MACKAY, 1996). Através dessa análise foi possível identificar quais variáveis exercem os efeitos diretos e indiretos em relação ao número de espigas. O estudo dos efeitos, diretos e indiretos, dos caracteres simultâneos nas seleções têm sido um dos aspectos bastante empregados pelos melhoristas, objetivando realizar uma análise de trilha desses efeitos.

A análise de trilha tem sido uma ferramenta bastante utilizada por vários autores no estudo das correlações das variáveis de produção do milho, bem como em várias outras culturas de importância econômica, tais como: algodão (HOOGERHEIDE *et al.*, 2007), girassol (AMORIM *et al.*, 2008), trigo (VIEIRA *et al.*, 2007), maracujá (ARAÚJO *et al.*, 2007), feijão (KUREK *et al.*, 2001; FURTADO *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2003), capim elefante (DAHER *et al.*, 2004), espécies florestais exóticas (LORENTZ; FORTES; DAL'COL, 2006), pimentão (CARVALHO *et al.*, 1999) e canola (COIMBRA *et al.*, 2005).

Com base nas correlações fenotípicas, genotípicas ou ambientais é possível elucidar algumas questões dos efeitos, sobre as variáveis analisadas, através da análise de trilha (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Esse esclarecimento ocorre, exclusivamente, se existirem associações entre as variáveis, sendo possível decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal e das variáveis dependentes ou explicativas (KUREK *et al.*, 2001).

Com a análise de trilha foi possível explicar mais de 96% (R^2) da influência das variáveis sobre número de espigas e com um baixo efeito residual 0,17, de-

mostrando uma contribuição satisfatória das variáveis explicativas sobre a variável principal.

Os maiores efeitos genotípicos diretos positivos em relação ao número de espigas foram expressos pela altura da planta aos 30 d. a. e e peso das espigas com os valores de 1,79 e 0,29, respectivamente (Figura 1). Esses caracteres foram os que mais contribuíram para esclarecer a sua influência na produção do número de espigas, indicando que quanto menor e de produção precoce for a planta de minimilho maior será o peso das espigas produzidas.

Os efeitos diretos negativos foram observados altura da planta aos 60 d. a. e e peso da parte aérea, indicando que estas duas variáveis contribuem para a redução do número de espigas produzidas pelas plantas. Apenas o efeito indireto do peso das espigas da variável peso da parte aérea (0,10) deve ser desconsiderado, pois o seu valor foi inferior ao efeito residual.

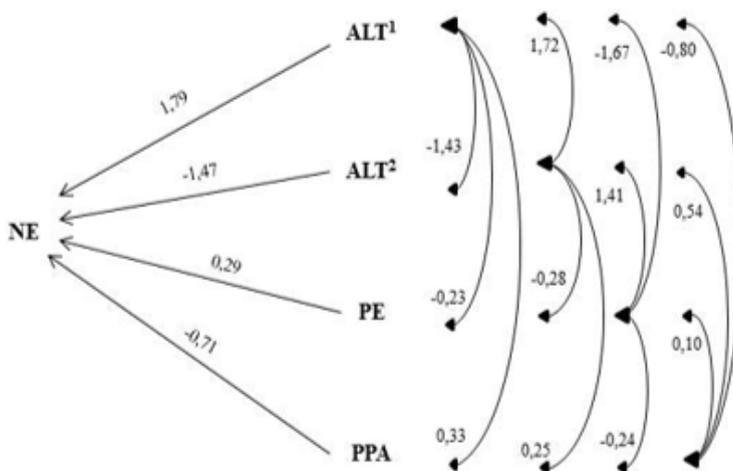


Figura 1. Diagrama dos efeitos diretos e indiretos do número de espigas (NE), como característica principal, sobre as variáveis: Alturas da planta aos 30 dias após emergência (ALT¹); Altura da planta aos 60 dias após emergência (ALT²); Peso da espiga (PE) e Peso da parte aérea (PPA) na produção de minimilho, em Recife (PE), no ano de 2014/2015.

Portanto, pode-se dizer que essas duas variáveis, altura da planta aos 30 d. a. e. e peso da espiga, são as principais determinantes na variação do número de espigas e a seleção indireta poderá ser eficaz. Porém, as informações na literatura das características específicas dos genótipos para a produção de minimilho são limitadas. Grande parte da literatura abordada sobre este assunto limita suas análises a características de pós-colheita, tais como comprimento e diâmetro das espigas. Contudo, faz-se necessário buscar características mais eficientes e de pré-colheita para selecionar os genótipos mais favoráveis à produção de minimilho ou para utilização como progenitores em programas de melhoramento.

Com os efeitos diretos e indiretos foi gerado o gráfico da análise de trilha do número de espigas, variável principal, e as demais variáveis as quais são as variáveis explicativas. Para obter um ganho no número de espigas se recomenda trabalhar na altura dos 30 d. a. e. e no peso das espigas do minimilho, essas têm um efeito direto positivo na produção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características agronômicas que mais influenciaram na produção do minimilho foram: número de espigas, altura de planta aos 30 e 60 dias após a emergência da planta, peso das espigas e peso da parte aérea. Os genótipos mais promissores para a produção do minimilho na região da Zona da Mata de Pernambuco foram CMS47 e CMS39.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pela concessão das sementes e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.

ARAÚJO, E. C.; DAHER, R. F.; SILVA, R. F.; VIANA, A. P. Path analysis or physiological traits that in F1 seed germination of *Passiflora edulis* f. *favicarpa* Deg. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 148-154, 2007.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.

CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RIBEIRO, P. H. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos Estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 8, p. 985-990, 2003.

CARVALHO, G. S.; VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, V. N. Produção de minimilho em diferentes ambientes de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 155-169, 2009a.

CARVALHO, H. W. L. de. Avaliação de cultivares de milho no Estado de Sergipe - Ensaios de rendimento, 1986 e 1987. **Boletim de Pesquisa Embrapa/CNPq**, Aracaju - SE, n. 3, p. 11-24, 1988.

CARVALHO, H. W. L.; CARDOSO, M. J.; ROCHA, L. M. P.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. de O.; GUIMARÃES, L. J. M. Cultivares de milho na região Nordeste brasileira no ano 1994. **Comunicado Técnico**: Aracaju: Embrapa/CPATC, Aracaju - SE, n. 8, p. 2-6, 1996.

CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; TABOSA, J. N.; CARDOSO, M. J.; CARVALHO, B. C. L.; LIRA, M. A.; MONTEIRO, A. A. T.; ALBUQUERQUE, M. M. de. Melhoramento genético de milho no Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed). 2009. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**, n. 2, p. 34-124, 2009b.

CARVALHO, H. W. L.; SERPA, JOÃO E. S. Comportamento de cultivares de milho no Estado de Sergipe. I - Ensaios estaduais de rendimentos, 1982, 1984 e 1985. **Boletim de Pesquisa**: Aracaju: Embrapa/CNPCo, Aracaju - SE, n. 1, p. 17-26. 1987.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, V. R.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 603-613, 1999.

CASTRO, R. S.; SILVA, P. S. L.; CARDOSO, M. J. Baby corn, green corn and dry corn yield of corn cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 100-105, 2013.

COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 347-352, 2005.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRADA - DEPARTAMENTO DE SEMENTES, MUDAS E MATRIZES (CATI - DSMM). Evolução das cultivares de milho variedade "AL" produzidas pela CATI. 2010.

CRUZ, C. D. **Genes v.2005.0.0: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, 2005. Disponível em: http://arquivo.ufv.br/dbg/genes/Genes_Br.htm. Acesso em: 12 jun. 2017.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: Ed. da UFV, 2003. 585p.

DAHER, R. F.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, M. G.; LÉDO, F. J. S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; ROCABADO, J. M. A.; FERREIRA, C. F.; TARDIN, F. D. Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1531-1535, 2004.

DHASARATHAN, M.; BABU, C.; IYANAR, K.; VELAYUDHAM, K. Studies on genetic potential of baby corn (*Zea mays* L.) hybrids for yield and quality traits. **Electronic Journal of Plant Breeding**, Índia, v. 3, p. 853-860, 2012.

DOVALE, J. C.; FRITSCHÉ-NETO, R.; SILVA, P. S. L. Índice de seleção para cultivares de milho com dupla aptidão: minimilho e milho verde. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 781-787, 2011.

DRAPER, N. R.; SMITH, Harry. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1981. 709p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. **Milhos especiais garantem renda extra**.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia, 1996. 463p.

FERRÃO, R. G.; SANTOS, J. A. C.; DESSAUNE FILHO, N. Ensaio de populações de milho no Espírito Santo, no ano agrícola de 1984/85. **Boletim técnico: Embrapa Cariacica**, Cariacica, n. 1, p. 2-9. 1986.

FURTADO, M. R.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A.; COELHO, A. D. F.; PETERNELLI, L. A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 02, p. 217-220, 2002.

GENT, M. P. N. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 159-167, 1994.

GONÇALVES, M. C.; CORREA, A. M.; DESTRO, D.; SOUZA, L. C. F.; SOBRINHO, T. A. Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 217-222, 2003.

HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1401-1405, 2007.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão.

Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.

LICHT, M.A.; LENNSEN, A.W.; ELMORE, R.W. Corn (*Zea mays* L.) seeding rate optimization in Iowa, USA. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 452-469, 2017.

LOPES, A.P.; NÓBREGA, L.H. P.; PACHECO, F.P.; CRUZ-SILVA, C.T. A. Maize varieties for baby corn yield and post-harvest quality under organic cropping. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 2, p. 298-307, 2016.

LORENTZ, L.H.; FORTES, F.O.; DAL'COL, L. A. Trilha entre as variáveis das análises de sementes de espécies florestais exóticas do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 567-574, 2006.

MAGALHÃES, P. C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. *In*: EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, SPI, 1993. p. 85-92.

NASCIMENTO, K. O.; MARIANO, V. K.; SANTOS, M. S.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Aspectos microbiológicos, químicos e nutricionais de conservas de minicenoura e minimilho orgânicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 81-87, 2014.

PAIXÃO, S. L.; CAVALCANTE, M.; FERREIRA, P. V.; MADALENA, J. A. S.; PEREIRA, R. G. Divergência genética e avaliação de populações de milho em diferentes ambientes no estado de Alagoas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 191-195, 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; GAMA, E. E. G. Avaliação de genótipos de milho em diferentes densidades de semeadura visando à produção de minimilho com maior aproveitamento comercial. **Circular técnica: Embrapa Milho e Sorgo**, n. 29, 4p., 2001.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Manejo cultural de minimilho. **Circular técnica: Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 7, 4p. 2001.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; QUEIROZ, V. A. Avaliação de Cultivares de milho visando à produção de minimilho na Região Norte do Estado de Minas Gerais. **Circular técnica: Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 13, 4p. 2009.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R. C. Efeito de densidade de semeadura, níveis de nitrogênio e despendoamento sobre a produção de minimilho. **Comunicado técnico: Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 119, 4p. 2005.

PEREIRA FILHO, I.A.; KARAM, D. A cultura do minimilho. **Embrapa Informação Tecnológica: Coleção Plantar**, Brasília, v. 4, n. 63, p. 15-18, 2008.

RAWLINGS, J. O.; PANTULA, S. G.; DICKEY, D. A. **Applied regression analysis - a research tool**. Pacific grove: Wadsworth, 1998. 553p.

RIBEIRO, R. B.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H.O.; FEITOSA, S.O.; SILVA, S.L. Growth of corn BRS catuingeiro irrigated in Cariri Ceará. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 8, n. 3, p. 81-86, 2016.

RODRIGUES, L.R. F.; SILVA, N.; MORI, E.S. Avaliação de sete famílias s2 prolíficas de minimilho para a produção de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 31-38, 2004.

SINGH, G.; KUMAR, S.; SINGH, R.; SINGH, S. S. Growth and yield of Baby Corn (*Zea Mays* L.) as influenced by varieties, spacings and dates of sowing. **Indian journal of agricultural research**, v. 49, n. 4, p. 353-357, 2015.

TEIXEIRA, F.F. Milho cultivado no Brasil e banco de germoplasma - uma forma de classificação da variabilidade genética. **Comunicado técnico**, Sete Lagoas, n. 155, 11p. 2008.

VEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I. F.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, L.F.; BENIN, G.; SILVA, J.A. G.; COIMBRA, J.; MARTINS, A.; CARVALHO, M.F.; RIBEIRO, G. Análise de Trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.

Recebido em: 28/09/2017

Aceito em: 20/07/2018