Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de sorgo granífero no sudoeste de Goiás

Adaptability and stability of grain sorghum hybrids in Southwest of Goias

Luciana dos Santos Martins[1], Cicero Beserra de Menezes[2], Gustavo Andé Simon[1], Alessandro Guerra da Silva[1], Flávio Dessaune Tardin[2], Fabio Henrique Gonçalves[1]

[1] Universidade de Rio Verde URV, Prédio da Secretaria Municipal de Educação - R. 12, 292 - Setor Sul, Goianésia - GO, 76380-000, bioluc2005@yahoo.com.br
[2] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Milho e Sorgo

Recebido em: 09/09/2015 Aceito em:22/08/2016

Resumo. O sorgo granífero é uma cultura de grande importância nos cultivos de segunda safra no Brasil Central, por apresentar tolerância ao estresse hídrico, condição inerente a este ambiente e por caracterizar como opção rentável aos agricultores. O objetivo do presente trabalho foi estimar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Rio Verde e Acreúna, Goiás. Foram instalados ensaios sob o sistema de plantio direto, na safrinha de 2014, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Foram avaliados 19 híbridos experimentais de sorgo granífero oriundos do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, e três híbridos comerciais utilizados como testemunha. Cada parcela constituiu-se de duas fileiras de 5,0 metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metros entre si, utilizando população de 200.000 plantas por hectare. As características avaliadas foram florescimento, altura de plantas, porcentagem de plantas acamadas e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos a análise de variância individual e conjunta, e análise de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart & Russel e Lin & Binns. Os resultados obtidos permitiram constatar interação significativa entre genótipos x ambientes para todas as características avaliadas. Os híbridos 1167048, 1105661 e 1G244 associaram altas produtividades de grãos na maioria dos ambientes testados com aspectos favoráveis nas demais características avaliadas. Os híbridos 1168092 e 1167048 se destacaram em ambos os métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade.

Palavras-chave: interação genótipos por ambientes, safrinha, *Sorghum bicolor*.

Abstract. The grain sorghum is a very important crop in the second crop in Central Brazil, by presenting significant tolerance to hydric stress, that affects the grain yield of many cultures. The aim of this work was to evaluate the behavior, adaptability and stability of grain sorghum hybrids in the second crop in Rio Verde and Acreúna, Goiás. Trials were installed under direct drilling system, in second crop of 2014, at the randomized blocks design with three replications. Nineteen experimental hybrids of grain sorghum were evaluated coming from the breeding program of Embrapa Maize and Sorghum, and three commercial hybrids used as check. Each plot consisted of two rows of five meter long, spaced of 0.5 meters apart, using population of 200,000 plants per hectare. The traits evaluated were flowering, plant height, percentage of bended plants and grain yield. The data were subjected to analysis individual and joint variance and analysis of adaptability an stability by Eberhart & Russel and Lin & Binns methods. The results revealed significant interaction between genotypes and environments for all evaluated features. The hybrids 1167048, 1105661 and 1G244 associated high grain yield in most environments tested with favorable aspects in the other evaluated parameters. The hybrid 1168092 and 1167048 have overhang in both methods of analysis of adaptability and stability.

Keywords: genotypes x environment interaction, second crop, *Sorghum bicolor*.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é um grão de origem tropical, cultivado em várias regiões do mundo, sendo utilizado principalmente para alimentação animal, e, em alguns países, como fonte de alimentação humana. No Brasil, o grão de sorgo é empregado basicamente na alimentação animal, como alternativa para suprir a demanda de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

grãos, em complemento ao milho, possibilitando uma redução de custos, porém, conservando a qualidade nutricional (Rodrigues, 2012). Essa cultura se caracteriza como opção para cultivo no período da safrinha por apresentar características xerófitas, a qual confere tolerância a ambientes com déficit hídrico, comuns nos plantios de segunda safra na região sudoeste de Goiás.

Atualmente, o sorgo é considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada, com produção mundial em 2012 de 57,0 milhões de toneladas, em área de 38,2 milhões de hectares (FAO, 2014). A estimativa da área cultivada de sorgo na safra 2013/2014 no Brasil foi de 731 mil hectares, com média de produtividade de grãos de 2,587 t ha^{-1}. O Centro Oeste é a principal região sorgueira, responsável por aproximadamente 60,0% da produção nacional e 50,0% da área cultivada no Brasil. O estado de Goiás é o maior produtor deste cereal, representando 37,4% da produção total brasileira, com área cultivada de 206,9 mil hectares (CONAB, 2014).

Em programas de melhoramento genético de plantas, o objetivo é a obtenção de genótipos que apresentam, principalmente, altas médias de produtividade de grãos nos ambientes a que se destina o cultivo. Para a seleção de híbridos superiores, é necessário considerar a interação genótipos por ambientes, a qual é definida como a resposta diferencial dos genótipos à variação das condições ambientais em cada local de avaliação, e que geralmente dificulta a recomendação daqueles mais promissores a determinado local de cultivo (Crossa, 2012). Assim, para avaliar o comportamento dos genótipos, seja para adaptação geral ou específica a determinados ambientes, bem como identificar os responsivos às variações ambientais favoráveis, torna-se necessário a realização de análises de adaptabilidade e estabilidade (Cruz et al., 2012).

Existem vários métodos para estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos avaliados em diferentes ambientes, sendo conveniente a utilização daqueles que além de complementares, se adequam ao número de ambientes testados, apresentam nível de acurácia requerida, que sejam de fácil interpretação e que gerem tipos de resultados desejados (Schmildt et al., 2011). Na metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966), o comportamento de cada genótipo, frente às variações ambientais, é estimado por meio da análise de regressão linear simples, proporcionando estimativas de fácil interpretação, o que é muito desejado pelos melhoristas. Em relação a metodologia de Lin e Bins (1988) modificada por Carneiro (1998), a decomposição do estimador Pi nas partes devidas a ambientes favoráveis e desfavoráveis, além da facilidade da interpretação, possibilita a distinção dos genótipos com adaptação específica a determinados ambientes ou que sejam responsivos a melhoria ambiental.

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento e a adaptabilidade e estabilidade de híbridos de sorgo granífero na safrinha de 2014 nos municípios de Rio Verde e Acreúna, Goiás.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos na região sudoeste do Estado de Goiás, nos municípios de Rio Verde e Acreúna, onde predominam os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos (Embrapa, 1999) no sistema de plantio direto durante a safrinha de 2014. Em Rio Verde, foram conduzidos quatro experimentos, sendo três no campo experimental da Universidade de Rio Verde-UniRV (Local 01) 17°47'S, 50°57'W e altitude de 768 m e um na Fazenda Cereal Ouro (Local 02) 17º42'S, 51º22'W e altitude de 880m. Em Acreúna (Local 03), à área experimental apresentou as coordenadas 17º23'S e 50º22'W e altitude de 542 m.

Todos os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com três repetições e 22 tratamentos. Foram avaliados 22 híbridos de sorgo granífero, sendo 19 experimentais desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo (1099034, 1099044, 1105653, 1167048, 1167093, 0729033, 0843009, 1096019, 1168092, 1168093, 1169054, 1167092, 1167053, 1169092, 1167017, 1170017, 1238020, 1170093, 1236020, 1105661, 1237020 e 1239020) e três comerciais (DKB 550, 1G244, BRS 330). Cada parcela constituiu-se de duas fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si. Utilizou-se a densidade de 10 plantas por metro linear após o desbaste, correspondendo ao estande médio de 200.000 plantas ha^{-1}.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Na estação experimental da Universidade de Rio Verde – UniRV, em Rio Verde-GO realizaram-se três semeaduras, sendo a primeira no dia 12 de fevereiro de 2014 (ambiente 1), a segunda no dia 24 de fevereiro de 2014 (ambiente 2) e a terceira no dia 08 de março de 2014 (ambiente 3), e as colheitas foram realizadas nos dias 16 de junho, primeiro de julho e 11 de julho de 2014 respectivamente. A adubação de semeadura foi realizada com 130 kg ha^{-1} de 08-20-18. A adubação de cobertura, utilizaram-se 80 kg ha^{-1} de N, foi realizada aproximadamente 25 dias após a emergência das plantas. Todos os tratos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura. No ambiente 1, foi necessário realizar a proteção das panículas contra pássaros, através da utilização de sacos de papel kraft com capacidade de cinco kg.

Na Fazenda Cereal Ouro (ambiente 4), localizada em Rio Verde-GO, a semeadura foi realizada no dia quatro de março de 2014 e a colheita realizada no dia 17 de julho de 2014. A adubação de semeadura foi realizada a lanço, aplicando 300 kg ha^{-1} do formulado 08-20-18 e em cobertura, com duas aplicações de 45 kg ha^{-1} de N utilizando como fonte a ureia nos dias 15 e 29 de março de 2014. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura. No município de Acreúna-GO (ambiente 5), a semeadura foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2014 e a colheita no dia 15 de julho de 2014. Na adubação de semeadura utilizou-se 300 kg ha^{-1} do formulado 12-15-15, são sendo, porém, realizada adubação de cobertura. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura.

Em todos os ambientes a colheita foi manual, de todas as panículas da parcela, quando as plantas estavam em senescência e, posteriormente foi realizada a trilhagem das panículas em trilhadeira estacionária.

Foram avaliadas as características de florescimento e porcentagem de plantas acamadas somente nos experimentos conduzidos nos ambientes 1, 2 e 3, e altura de plantas e produtividade de grãos em todos os experimentos. O florescimento foi medido, considerando o número de dias da semeadura até quando na parcela, em mais de 50% das plantas, as flores do terço médio da panícula entraram em antese. A medida da altura de plantas, considerando amostragem de quatro planta por parcela, foi obtida a partir da base do solo ao ápice da panícula. A porcentagem de plantas acamadas, foi obtida a partir da contagem das plantas acamadas por parcela e estimada a porcentagem em relação ao estande final. A produtividade de grãos, foi obtida a partir da colheita das panículas da parcela e posterior trilhagem e pesagem dos grãos, sendo os valores extrapolados para toneladas ha^{-1} e corrigidos a 13% de umidade, segundo a fórmula $M_c = M_o(100\text{-}u_0).87^{-1}$. Em que: M_c e M_o massa corrigida e observada, respectivamente; u_0: umidade observada.

Os dados obtidos, para todas as características avaliadas, foram submetidos à análise de variância individual por ambiente, e constatando-se homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de Bartlett (Ramalho et al., 2000) foi realizada a análise de variância conjunta, com exceção da característica porcentagem de plantas acamadas, para a qual, para possibilitar a realização da análise de variância conjunta, foi realizado ajuste dos graus de liberdade pelo método de Cochran (1954). Foi considerado como fixo o efeito de híbridos e as demais fontes de variação como aleatórias. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

As análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas empregando as metodologias de Eberhart & Russell (1966) e Lin & Binns (1988) adaptado por Carneiro (1998). Todas as análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do aplicativo computacional em genética e estatística GENES (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância para todas as características avaliadas é apresentado na Tabela 1. Constatou-se presença de efeito de híbrido significativo para todas as características avaliadas, bem como da interação entre genótipos e ambientes, o que demonstra que há variabilidade genética e consequentemente fenotípica entre os híbridos testados, as quais influenciaram no comportamento diferencial deste híbridos em função dos ambientes testados.

A significância da interação para o caráter produtividade de grãos evidencia que as classificações dos híbridos não foram coincidentes nos ambientes de avaliação, semelhante ao que foi

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

observado por Ezzat et al. (2010). As variações fenotípicas resultam da ação conjunta do genótipo, do ambiente e de sua interação, que se reflete em diferenças de sensibilidade dos genótipos às variações ambientais, e que afeta seu comportamento (Allard, 1999).

A existência de variabilidade entre genótipos e interação entre genótipos e ambientes para produtividade de grãos e outros caracteres na cultura do sorgo é muito relatada na literatura, em decorrência, principalmente, das diferenças na capacidade de adaptação dos híbridos e variedades (Silva et al., 2009; Cysne & Pitombeira, 2012; Almeida Filho et al., 2014). Ezzat et al. (2010) estudaram a interação genótipo x ambiente de 10 linhagens parentais e 25 híbridos de sorgo granífero em dois locais, em duas épocas de semeadura e em dois anos. Os efeitos da interação do genótipos x ambientes x épocas foram altamente significativos para todas as características estudadas.

Os valores de coeficientes de variação da maioria das características podem ser classificados como baixos, semelhantes aos observados por outros autores (Ezzat et al., 2010; Almeida Filho et al., 2014), que demonstra haver alta precisão experimental nos resultados obtidos**.** Apenas para a característica porcentagem de plantas acamadas o coeficiente de variação apresentou valor classificado como alto, o que é comum para a característica em questão.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características florescimento (FL), porcentagem de plantas acamadas (ACA), altura de plantas (AP) e produtividade de grãos (PG) de híbridos de sorgo granífero cultivados na safrinha de 2014. Rio Verde, 2015.

FV	GL	QM		GL	QM	
		FL (dias)	ACA (%)		AP (m)	PG (kg ha^{-1})
Rep/Amb	6	5,79	898	10	0,015	2.060.480
Híbridos (H)	21	76,96 **	3.059 **	21	0,251 **	2.233.680 **
Ambientes (A)	2	378,93 **	6.717 *	4	0,337 **	39.832.048 **
H x A	42 (33)[1]	4,57 **	823 **	84	0,008 **	1.379.846 **
Resíduo	126 (83)[1]	1,53	262	210	0,004	1.379.847
Híbrido/A1	21	26,02 **	39	21	0,078 **	922.282
Híbrido/A2	21	30,26 **	2.450 **	21	0,046 **	2.551.254 **
Híbrido/A3	21	29,83 **	1864 **	21	0,062 **	1.520.039 **
Híbrido/A4	21	-	-	21	0,035 **	2.047.141 **
Híbrido/A5	21	-	-	21	0,063 **	712.348
Média Geral		64,93	14,67		1,449	5.891,09
CV(%)		1,91	110,38		4,59	14,89

** Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. [1]Graus de liberdade ajustados para porcentagem de plantas acamadas. A1 = ambiente 1, A2 = ambiente 2, A3 = ambiente 3, A4 = ambiente 4 e A5 = ambiente 5.

O florescimento variou de 58 dias (1096019) até 71 dias (DKB 550) no ambiente 1, de 58 dias (1096019) até 69 dias (1167017, 1167092, 1170017 e BRS 330) no ambiente 2, e de 55 dias (1096019) até 68 dias (1G244 e DKB 550) no ambiente 3 (Tabela 2).

O híbrido 1096019 apresentou florescimento inferior aos demais, sendo o mais precoce, tanto no ambiente 1 quanto no ambiente 3. No ambiente 2, o mesmo não diferiu dos híbridos 1167048 e 1169054, e demonstra haver consistência de comportamento do híbrido 1096019 em função da alteração do ambiente. Já os genótipos mais tardios foram o 729033, 1167017, 1167092, 1168092 e 1170017, os quais não diferiram significativamente dos híbridos comerciais 1G244, BRS 330 e DKB 550.

É importante que os agricultores tenham à disposição cultivares de sorgo granífero com diferentes necessidades de dias para o florescimento, pois, utilizando cultivares com diferentes ciclos no mesmo sistema produtivo, o produtor pode escalonar a operação de colheita, e otimizar o maquinário agrícola disponível para essa demanda (Silva et al., 2009).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A utilização de cultivares com diferentes épocas de florescimento é uma estratégica de manejo importante, pois, se um produtor for realizar semeadura antecipada, pode optar por uma cultivar que apresenta ciclo mais tardio, a qual geralmente é mais produtiva em decorrência do maior ciclo. Em plantios de safrinha, a utilização de genótipos precoces é relevante, pois é imprescindível que a cultura permaneça menos tempo sujeita a um ambiente passível de estresse hídrico, como é o caso de cultivos no Sudoeste de Goiás (Silva et al., 2009; Almeida Filho et al., 2014).

Em relação ao acamamento de plantas no ambiente 1, os híbridos não diferiram significativamente entre si (Tabela 2). No ambiente 2, 16 híbridos apresentam porcentagem de acamamento significativamente inferior aos demais, entre eles as testemunhas 1G244 e DKB 550. No ambiente 3, foram 17 híbridos que se apresentaram menos suscetíveis ao acamamento. Os genótipos 843009, 1169054 e 1169092 demonstraram maior porcentagem de acamamento no ambiente 2, diferindo significativamente dos demais. Enquanto que no ambiente 3, além de ter coincidido o híbrido 843009, outros dois denotaram maior susceptibilidade ao acamamento, sendo eles o 1096019 e 1167053. Em relação as testemunhas, o híbrido BRS 330 apresentou maior porcentagem de plantas acamadas, apesar do porte baixo.

Tabela 2. Médias fenotípicas da característica florescimento (dias) e porcentagem de plantas acamadas (PPA) de 22 híbridos de sorgo granífero cultivados na safrinha de 2014.

Híbrido	Florescimento			PPA		
	A1	A2	A3			
729033	69 f	68 d	64 d	0,62 a	2,95 a	4,04 a
843009	64 c	65 c	60 c	13,13 a	70,64 c	59,76 c
1096019	58 a	58 a	55 a	5,75 a	50,27 b	60,99 c
1099034	66 d	68 d	61 c	4,55 a	5,37 a	23,68 a
1099044	67 e	65 c	61 c	3,87 a	7,82 a	4,69 a
1105653	66 d	63 b	60 c	0,58 a	4,50 a	10,54 a
1105661	66 d	63 b	60 c	0,36 a	3,27 a	0,91 a
1167017	70 f	69 d	64 d	0,00 a	0,00 a	0,35 a
1167048	64 c	61 a	58 b	0,42 a	2,78 a	10,14 a
1167053	67 d	68 d	62 c	7,69 a	57,27 b	56,15 c
1167092	68 e	69 d	65 d	0,00 a	0,67 a	0,00 a
1167093	67 e	67 d	63 d	0,69 a	1,27 a	0,00 a
1168092	68 e	68 d	64 d	2,75 a	2,86 a	5,18 a
1168093	66 d	67 d	61 c	0,77 a	22,21 a	28,76 a
1169054	62 b	60 a	57 b	6,06 a	87,80 c	86,10 d
1169092	68 e	65 c	61 c	10,03 a	76,47 c	36,58 b
1170017	69 f	69 d	65 d	3,42 a	1,08 a	0,41 a
1236020	68 e	65 c	63 d	0,87 a	2,18 a	0,99 a
1238020	65 d	68 d	64 d	0,00 a	4,15 a	10,94 a
1G244	69 f	67 c	68 e	1,50 a	8,18 a	1,14 a
BRS 330	69 f	69 d	65 d	3,89 a	43,10 b	21,81 a
DKB 550	71 f	68 d	68 e	0,37 a	13,72 a	9,19 a
Médias	67 A	66 B	62 C	3,06 B	21,30 A	19,65 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A1 = ambiente 1, A2 = ambiente 2 e A3 = ambiente 3.

O acamamento de plantas pode afetar a produtividade de grãos por interferir no acúmulo de matéria seca, ou indiretamente, devido às dificuldades de colheita, e afetar a qualidade dos grãos. Todavia, uma cultivar expõe essa característica negativa, a cultura deve ser colhida o

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

mais rápido possível após atingir o ponto de colheita. Evidentemente que a escolha de cultivares com maior tolerância a essas características é a medida mais eficaz (Freitas et al., 2011).

A resistência ao acamamento é uma característica que está relacionada à genética de cada híbrido, bem como associada a fatores do ambiente e de manejo que podem agravar ou diminuir a tendência ao acamamento. Destaca-se portanto o porte elevado da planta, suscetibilidade à doenças de colmo, peso de panícula e a resistência do colmo. Híbridos com menor suscetibilidade ao acamamento devem apresentar altura média entre 100 e 150 cm (Santos, 2003). Desta forma, é possível destacar que entre os cinco híbridos que apresentaram maior suscetibilidade ao acamamento, a média de altura de plantas de três híbridos superaram 150 cm, sendo eles o 1169054, 1096019 e 1167053, o que possivelmente possa ter contribuído na ocorrência de altas médias de porcentagem de acamamento nestes híbridos.

A altura de plantas variou de 118 cm até 181 cm no ambiente 1, de 126 cm até 169 cm no ambiente 2, de 120 cm até 174 cm no ambiente 3, de 120 cm até 157 cm no ambiente 4 e de 133 cm até 198 cm no ambiente 5 (Tabela 3). É interessante que cultivares de sorgo granífero apresentem altura entre 100 e 150 cm (Santos, 2003), uma vez que a colheita é realizada com implementos adaptados de outras culturas. Além disso, no melhoramento do sorgo granífero, procura-se híbridos de porte menor para minimizar a probabilidade de ocorrência de acamamento de plantas nas lavouras (Almeida Filho et al., 2014).

Tabela 3. Médias fenotípicas da característica altura de plantas (cm) de 22 híbridos de sorgo granífero cultivados na safrinha de 2014.

Híbrido	Ambientes					Médias
	A1	A2	A3	A4	A5	
729033	163 b	161 a	161 a	157 a	168 b	162
843009	134 d	133 d	132 d	137 c	155 c	138
1096019	163 b	156 b	152 b	145 b	167 b	156
1099034	135 d	147 c	130 d	140 b	148 c	140
1099044	140 d	145 c	145 c	142 b	160 b	146
1105653	149 c	152 b	145 c	138 b	162 b	149
1105661	123 e	141 c	136 c	120 d	145 d	133
1167017	133 d	134 d	132 d	122 d	142 d	132
1167048	145 c	144 c	140 c	133 c	163 b	145
1167053	181 a	162 a	174 a	155 a	198 a	174
1167092	139 d	127 d	127 d	130 c	138 d	132
1167093	132 d	126 d	120 d	123 d	147 c	130
1168092	143 c	141 c	140 c	137 c	155 c	143
1168093	137 d	143 c	143 c	143 b	160 b	145
1169054	160 b	162 a	162 a	148 b	167 b	160
1169092	145 c	143 c	143 c	143 b	162 b	147
1170017	163 b	151 b	150 b	140 b	165 b	154
1236020	136 d	129 d	125 d	130 c	145 d	133
1238020	173 a	169 a	167 a	155 a	175 b	168
1G244	118 e	129 d	126 d	122 d	133 d	126
BRS 330	132 d	139 c	138 c	130 c	153 c	138
DKB 550	136 d	136 d	136 c	135 c	140 d	137
Médias	144 B	144 B	142 C	137 D	157 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A1 = ambiente 1, A2 = ambiente 2, A3 = ambiente 3, A4 = ambiente 4 e A5 = ambiente 5.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

No ambiente 4, os híbridos 729033, 1167053 e 1238020 apresentaram maior porte em relação aos demais, enquanto que no ambiente 5 foi o híbrido 1167053 que se destacou com altura significativamente superior aos demais (Tabela 3). Os resultados são superiores aos observados por Silva et al. (2009) e sugerem que entre os híbridos avaliados, alguns apresentam porte que podem torna-los susceptíveis ao acamamento bem como, gerar dificuldades à colheita mecanizada.

O híbrido comercial 1G244 destacou-se em relação aos demais híbridos avaliados, por demonstrar menor porte em todos os ambientes avaliados, e entre os híbridos experimentais o 1167017 apresentou resultados muito semelhantes com porte baixo, característica favorável a híbridos de sorgo granífero.

Quanto ao caráter produtividade de grãos, não houve diferença significativa entre os genótipos no ambiente 1, assim como no ambiente 3 (Tabela 4). As médias de produtividade de grãos no ambiente 1, foram as mais baixas entre os ambientes avaliados, possivelmente em decorrência da ocorrência de maior severidade de antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*), incidência de pássaros e infestação de *Helicoverpa armigera* nas panículas, para a qual o controle não foi eficiente pela presença de sacos de papel *kraft*. Houve ainda a proliferação de fungos nas panículas em consequência do microclima criado pela cobertura das mesmas com sacos de papel *kraft*, o que pode ter limitado o desempenho de genótipos superiores. As condições edafoclimáticas favoráveis ocorridas no ambiente 5 possivelmente foram responsáveis pelas maiores médias de produtividade de grãos ocorrida entre os ambientes avaliados, influenciando positivamente em todos os híbridos avaliados, e resulta em médias de produtividade de grãos semelhantes entre si.

Tabela 4. Médias fenotípicas da característica produtividade de grãos (t ha^{-1}) de 22 híbridos de sorgo granífero cultivados na safrinha de 2014.

Híbrido	Ambientes					Médias
	A1	A2	A3	A4	A5	
729033	5,45 a	7,51 a	7,08 a	4,98 b	7,40 a	6,48
843009	4,11 a	5,77 b	5,04 b	6,94 a	6,85 a	5,74
1096019	3,59 a	4,10 b	4,42 b	5,73 b	6,53 a	4,88
1099034	4,01 a	5,99 b	5,06 b	7,32 a	6,67 a	5,81
1099044	4,19 a	5,58 b	5,43 b	5,81 b	7,11 a	5,62
1105653	4,48 a	7,12 a	6,52 a	7,67 a	7,16 a	6,59
1105661	4,75 a	7,21 a	6,48 a	5,40 b	6,35 a	6,04
1167017	4,98 a	6,27 a	5,65 b	6,29 a	6,46 a	5,93
1167048	4,79 a	6,46 a	5,75 b	6,49 a	6,42 a	5,98
1167053	5,34 a	5,49 b	5,61 b	7,47 a	6,34 a	6,05
1167092	4,83 a	5,78 b	5,90 b	5,32 b	6,49 a	5,66
1167093	4,98 a	6,04 b	5,09 b	6,46 a	7,29 a	5,97
1168092	5,04 a	6,92 a	6,02 a	6,53 a	7,17 a	6,33
1168093	5,02 a	4,87 b	6,06 a	6,72 a	5,44 a	5,62
1169054	4,35 a	6,01 b	5,39 b	6,84 a	6,42 a	5,80
1169092	4,21 a	5,52 b	6,73 a	4,99 b	6,98 a	5,68
1170017	4,41 a	7,20 a	7,06 a	5,38 b	6,29 a	6,07
1236020	4,23 a	5,45 b	5,32 b	6,47 a	6,53 a	5,60
1238020	5,24 a	7,20 a	5,80 b	6,53 a	6,87 a	6,33
1G244	3,74 a	6,29 a	6,35 a	6,37 a	7,58 a	6,07
BRS 330	4,33 a	4,61 b	4,78 b	6,51 a	6,14 a	5,27
DKB550	5,62 a	7,08 a	5,73 b	4,75 b	6,65 a	5,97
Médias	4,62 D	6,11 B	5,79 C	6,22 B	6,69 A	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. A1 = ambiente 1, A2 = ambiente 2, A3 = ambiente 3, A4 = ambiente 4 e A5 = ambiente 5.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

No ambiente 2, os híbridos experimentais 729033, 1105661, 1170017, 1238020, 1105653, 1168092, 1167048 e 1167017 e os híbridos comerciais 1G244 e DKB 550 apresentaram médias de produtividade de grãos significativamente superiores aos demais (Tabela 4). No ambiente 3 destacaram-se os híbridos experimentais 729033, 1170017, 1169092, 1105653, 1105661, 1168093 e 1168092, e o híbrido comercial 1G244. No ambiente 4, 14 híbridos apresentaram produtividade de grãos significativamente superiores aos demais, dos quais, 12 são híbridos experimentais, além dos híbridos comerciais BRS 330 e 1G244 (Tabela 5). Destacam-se entre estes híbridos, o 1105653, 1168092 e 1G244, os quais se mantiveram no grupo que apresentou as maiores médias de produtividade de grãos em todos os ambientes em que ocorreu diferença significativa entre os genótipos. Os resultados sugerem que, além destes, os híbridos 1168093, 1238020, 1167048, 1105661, 1170017 e 729033 apresentam-se promissores, por terem se destacado na maioria dos ambientes avaliados.

As médias gerais de produtividade de grãos dos híbridos variaram de 4,881 t ha^{-1} (1096019) a 6,594 t ha^{-1} (1105653), no entanto, foram semelhantes as médias obtidas por Almeida Filho et al., (2014), que constataram variação entre 3,802 t ha^{-1} para o híbrido experimental da EMBRAPA 307509 e 4,965 t ha^{-1} para o híbrido 1G282.

Genótipos promissores para serem recomendados para cultivo são aqueles que associam alto potencial de produtividade de grãos e caracteres agronômicos. Salienta-se que os híbridos 1105653, 1168092, 1G244, 1168093, 1238020, 1167048, 1105661, 1170017 e 729033, além de altas médias de produtividade, apresentaram-se mais tolerantes ao acamamento. Entre estes, o híbrido 1167048 denotou ciclo mais precoce e os híbridos 1105661 e 1G244 demostraram menor porte, caracteres que podem influenciar positivamente no cultivo do sorgo granífero.

O resumo da análise de variância da produtividade de grãos, com base na metodologia de Eberhart & Russel está apresentado na Tabela 5. Ressalta-se que a significância do componente linear da variabilidade ambiental sugere que variações significativas entre os locais de avaliação proporcionaram alterações nas médias de produtividade de grãos dos híbridos. A significância do componente linear da interação entre ambientes e híbridos, indica que diferenças genéticas contribuem para as respostas às variações ambientais através das diferenças entre os coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$). Já em relação a significância do desvio combinado da regressão, evidencia-se que pelo menos um híbrido apresentou resposta não-linear à variação dos ambientes (Tabela 5).

.

Tabela 5. Resumo da análise de variância da característica produtividade e grãos, com a decomposição da soma de quadrados de ambientes/híbridos, segundo metodologia de Eberhart & Russel (1966).

FV	GL	Quadrados Médios
Ambientes (A)	4	39.832.049**
Híbridos (H)	21	2.233.680**
A x H	84	1.379.847**
A / H	88	3.127.674**
A linear	1	159.328.194**
A x H linear	21	975.877*
Desvio combinado	66	1.445.662**
Resíduo	210	769.129

**,* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de Eberhart & Russel (1966) encontram-se na Tabela 6. Por este método, o efeito do ambiente pode ser desmembrado em dois componentes, sendo um linear e outro não-linear. O coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{li}$) está associado ao componente linear, e indica a adaptabilidade do genótipo, ou seja, a capacidade de responder a melhoria do ambiente. Estimativas de coeficiente de regressão

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

não significativas indicam que o genótipo apresenta adaptabilidade geral ou ampla adaptação, enquanto que as estimativas significativas maiores e menores que a unidade sugerem que o genótipo expõe adaptação a ambientes favoráveis ou desfavoráveis, respectivamente.

Os desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_{di}$) estão associados ao componente não-linear e indicam a estabilidade do genótipo, a qual está relacionada à previsibilidade de comportamento perante as variações ambientais entre os locais de cultivo. Estimativas não significativas de desvios da regressão indicam que o genótipo apresenta alta estabilidade de comportamento, característica que é reforçada quando o mesmo apresenta altos valores de coeficiente de determinação (R^2).

As estimativas dos coeficientes de regressão, parâmetro relacionado à adaptabilidade, obtidos para a maioria dos híbridos, não diferiram significativamente da unidade ($\hat{\beta}_{1i} = 1$), ou seja, estimativas não significativas, demonstrando desta forma adaptabilidade geral, significando que os mesmos se destacam tanto em ambientes favoráveis quanto em ambientes desfavoráveis (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de grãos de 22 híbridos de sorgo granífero, obtidos pelo método de regressão linear de Eberhart & Russell (1966).

Híbrido	Médias (t ha^{-1})	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	R^2 (%)
1105653	6,59	1,50 ns	14.262 ns	86,99
729033	6,48	0,71 ns	1.206.609 **	21,58
1168092	6,33	1,05 ns	-193.263 ns	93,34
1238020	6,33	0,88 ns	-29.496 ns	73,41
1170017	6,07	0,91 ns	930.016 **	35,74
1G244	6,07	1,77 *	-139.644 ns	95,58
1167053	6,05	0,63 ns	454.823 *	31,08
1105661	6,04	0,78 ns	497.074 *	39,20
1167048	5,98	0,89 ns	-184.463 ns	89,94
1167093	5,97	1,07 ns	69.850 ns	73,77
DKB 550	5,97	0,35 *	761.700 **	88,87
1167017	5,93	0,76 ns	-227.708 ns	94,25
1099034	5,81	1,49 ns	248.230 ns	77,87
1169054	5,80	1,15 ns	-57.783 ns	84,17
843009	5,74	1,42 ns	56.254 ns	83,84
1169092	5,68	1,04 ns	680.073 *	48,35
1167092	5,66	0,66 ns	-86.832 ns	67,60
1099044	5,62	1,27 ns	-116.130 ns	90,30
1168093	5,62	0,32 *	449.051 *	10,53
1236020	5,60	1,15 ns	-110.635 ns	87,88
BRS 330	5,27	0,91 ns	354.230 ns	52,42
1096019	4,88	1,29 ns	385.022 ns	67,53

**, * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t. $\hat{\beta}_{1i}$ - Coeficiente de regressão, $\hat{\sigma}^2_{di}$, - desvio de regressão, R^2 - coeficiente de determinação.

Em relação aos desvios da regressão, parâmetro que possibilita distinguir os genótipos com maior estabilidade de comportamento, entre os 22 híbridos avaliados, 15 obtiveram estimativas não significativas, e assim denotam apresentar maior estabilidade frente à variação ambiental que os demais.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

As estimativas dos coeficientes de regressão sugerem que o híbrido 1G244 apresenta maior adaptação a ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{li} > 1$), além de possuir alta estabilidade de comportamento em decorrência do desvio da regressão não ter sido significativo e obter alto valor de coeficiente de determinação (R^2). Isto demonstra que entre os híbridos avaliados, o 1G244 é o mais responsivo quando cultivado em ambientes com condições edafoclimáticas favoráveis à cultura do sorgo

O genótipo ideal, pela metodologia de Eberhart & Russel (1966), é aquele que associa altas médias de produtividade de grãos, adaptabilidade ampla ($\hat{\beta}li = 1$) e alta estabilidade, ou seja, desvios da regressão não significativos associados a altos valores de coeficiente de determinação (Cruz et al., 2012). Neste caso, destacam-se os híbridos 1105653, 1168092, 1238020, 1167048 e 1167017, os quais apresentaram médias de produtividade de grãos elevadas na maioria dos ambientes, coeficientes de regressão igual a unidade e desvios da regressão não significativos, além de altos valores de coeficiente de determinação (Tabela 6).

As estimativas dos parâmetros obtidos pelo método de Linn & Binns (1988), o desdobramento para ambientes favoráveis e desfavoráveis proposto por Carneiro (1998) e estimativas atribuídas ao desvio genético e a interação entre genótipos e ambientes estão apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica geral (P_i), para ambientes favoráveis (P_{iF}) e para ambientes desfavoráveis (P_{iD}), para produtividade de grãos de 22 híbridos de sorgo granífero, obtidos pelo método não paramétrico de Lin & Binns (1988), adaptado por Carneiro (1998).

Híbrido	Médias	P_i	Híbrido	P_{iF}	Híbrido	P_{iD}
1105653	6,59	195.324	1105653	54.772	729033	7.511
1168092	6,33	328.318	1168092	304.429	1105661	279.214
1238020	6,33	367.731	1238020	315.996	1168093	349.167
1167048	5,98	631.701	1G244	530.649	1168092	364.152
1167017	5,93	714.950	1099034	542.573	1170017	365.472
1G244	6,07	725.156	1167093	618.907	1105653	406.152
729033	6,48	730.165	1167048	643.626	1238020	445.334
1105661	6,04	788.587	843009	683.637	DKB 550	451.360
1167053	6,05	788.640	1169054	715.123	1167092	503.866
1167093	5,97	806.673	1167017	784.775	1169092	528.236
1170017	6,07	849.298	1167053	941.952	1167053	558.673
1169054	5,80	874.200	1105661	1.128.170	1167017	610.212
1099034	5,81	990.133	1236020	1.133.353	1167048	613.813
843009	5,74	1.053.004	1170017	1.171.849	1G244	1.016.915
DKB 550	5,97	1.135.129	729033	1.211.935	1167093	1.088.321
1167092	5,66	1.174.840	1099044	1.233.760	1169054	1.112.816
1236020	5,60	1.184.732	DKB 550	1.590.975	1099044	1.190.787
1099044	5,62	1.216.571	1167092	1.622.156	1236020	1.261.799
1169092	5,68	1.363.271	1169092	1.919.962	843009	1.607.054
1168093	5,62	1.384.902	BRS 330	1.975.175	1099034	1.661.472
BRS 330	5,27	1.880.084	1168093	2.075.391	BRS 330	1.737.446
1096019	4,88	2.764.449	1096019	2.747.338	1096019	2.790.114

Os híbridos 1168092, 1167048 e 1167017 apresentaram menores valores de P_i geral, bem como maior influência do componente atribuído ao desvio genético, com estimativas superiores a 80%.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Para caracterizar um híbrido com perfil ideal em relação adaptabilidade e estabilidade fenotípica, também deve associar altas médias de produtividade de grãos. Neste caso, destacam-se os híbridos 1168092, 1167048 e 1167017. É importante ressaltar que somente o híbrido 1168092 também foi classificado entre os menores valores de P_i tanto nos ambientes favoráveis quanto nos desfavoráveis, sugere demonstrar ampla adaptabilidade e alta estabilidade de comportamento fenotípico.

Apesar de exporem baixa previsibilidade, em virtude da pequena influência do componente atribuído ao desvio genético, os híbridos 1105653 e 1238020 obtiveram estimativas de P_i baixas em ambientes favoráveis, e sugerem que os mesmos possuam adaptação a ambientes específicos e não se sobressaírem em condições adversas de ambiente que possam proporcionar algum tipo de estresse às plantas.

Os cultivos de sorgo na safrinha, com semeadura em março, podem proporcionar condições de estresse hídrico no estádio de enchimento de grãos. A escolha de híbridos que denotam maior tolerância a condições adversas de ambiente torna-se importante para minimizar a redução da produtividade de grãos. Os híbridos 1105661, 1170017 e 729033, além de maior porcentagem genética, apresentaram estimativas baixas de P_i para ambientes desfavoráveis, caracterizando-os como pouco responsivos à melhoria ambiental, mas tolerantes a fatores que podem proporcionar algum estresse, como déficit hídrico e baixo nível tecnológico.

Tabela 8. Estimativas do desdobramento do parâmetro P_i no componente atribuído ao desvio genético e no componente devido ao desvio da interação entre genótipos e ambientes, obtidos pelo método não paramétrico de Lin & Binns (1988).

Híbrido	Desvio genético	Desvio GxA	% Genética
729033	185.156	545.009	25,36
843009	910.98	142.024	86,51
1096019	2.455.033	309.416	88,81
1099034	819.115	171.018	82,73
1099044	1.077.218	139.352	88,55
1105653	126.572	68.753	64,80
1105661	557.075	231.512	70,64
1167017	675.199	39.75	94,44
1167048	618.124	13.577	97,85
1167053	541.841	246.8	68,71
1167092	1.021.783	153.057	86,97
1167093	627.424	179.249	77,78
1168092	287.13	41.188	87,45
1168093	1.079.764	305.138	77,97
1169054	831.276	42.924	95,09
1169092	991.232	372.039	72,71
1170017	525.039	324.259	61,82
1236020	1.115.719	69.012	94,17
1238020	292.307	75.425	79,49
1G244	526.543	198.612	72,61
BRS 330	1.654.744	225.339	88,01
DKB 550	631.763	503.366	55,66

Ambos os métodos utilizados para estimação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade proporcionaram a identificação de alguns híbridos em comum, com aspectos favoráveis em relação a adaptação as condições edafoclimáticas da região avaliada e com previsibilidade de comportamento que justifica a distinção dos demais híbridos avaliados. Os híbridos que se destacaram em ambos os métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade foram o 1168092 e 1167048.

Conclusões

As maiores médias de produtividade de grãos foram obtidas com os híbridos 1105653, 1168092, 1G244, 1168093, 1238020, 1167048, 1105661, 1170017 e 729033.

Destacam-se por ambas as metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, bem como associam aspectos favoráveis na maioria das características os híbridos 1168092 e 1167048.

Referências

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding.** 2nd. New York: John Willey & Sons, 1999. 254p.

ALMEIDA FILHO, J. E.; TARDIN, F.D.; DAHER, R.F.; SILVA, K.J.; XAVIER NETO, J.B.; BASTOS, E.; LOPES, V.S.; BARBÉ, T.C.; MENEZES, C.B. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** v.13, n.1, p.82-95, 2014.

CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento.** 1998. 155f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

COCHRAN, W.G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics,** v.10, p.101-129, 1954.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Sorgo.** 5º Levantamento da Safra. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_11_17_31_44_sorgomarco2014.pdf >. Acesso em: 28/11/2014.

CROSSA, J. From genotype x environment interaction to gene x environment interaction. **Current Genomics**, v.13, n.3, p.225-244, 2012.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 4.ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

CYSNE, J.R.B.; PITOMBEIRA, J.B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica,** v.43, n.2, p.273-278, 2012.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, n.01, v.6, p.36-40, 1966.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EZZAT, E.M.; ALI, M.A.; MAHMOUD, A.M. Agronomic Performance, Genotype X Environment Interactions and Stability Analysis of Grain Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench). **Asian Journal of Crop Science**, v. 2, n. 4, p. 250-260, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. **Coarse grains.** 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/ ai466e/ ai466e04.htm>. Acesso em: 02/05/2014.

FREITAS, R.S.; BORGES, W.L.B.; DUARTE, A.P.; TICELLI, M.; GALLO, P.B.; CAZENTINI FILHO, G.; MARTINS, F.M.; STRADA, W.; GOMES, E.N. Sorgo granífero no estado de São Paulo - Avaliação de cultivares. **Pesquisa & Tecnologia,** v.8, n.2, 2011.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.3, p.193-198, 1988.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas.** Lavras: UFLA, 2000. 326p.

RODRIGUES J.A.S. **Cultivo do sorgo**. 8 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/index.htm >. Acesso em: 10/03/2015.

SANTOS, F.G. **Cultivares de sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3p. (Embrapa Milho e Sorgo, Comunicado Técnico, 77).

SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, J.A.R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, n. 33, p. 51-58, 2011.

SILVA, A.G.; BARROS, A.S.; SILVA, L.H.C.P.; MORAES, E.B.; PIRES, R.; TEIXEIRA, I.R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v.39, n.2, p.168-174, 2009.