

**REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas****Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha**

Breno Luciano de Araújo¹, Emmanuel Arnhold², Edvaldo Aguiar de Oliveira Junior¹, Carlos Ferreira de Lima¹

¹Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus IV, MA 230, km 04, Boa Vista, 65500-000, Chapadinha-MA; brenoagronomo@live.com; ed-valdo-86@hotmail.com; carlos-de-lima@hotmail.com

²Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária/Departamento de Produção Animal, Campus II, Samambaia-Caixa Postal 131, 74001-970, Goiânia-GO; earnhold@pq.cnpq.br

Resumo: Objetivou-se estimar parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero. As cultivares foram as variedades IPA 1011 e três híbridos da empresa Agroeste. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 6 repetições. As parcelas foram 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. As características avaliadas foram: altura de plantas, peso de cem grãos, peso de panícula, peso de grãos e dias para florescimento. Procedeu-se as análises de variância considerando modelo aleatório e estimaram-se variâncias fenotípicas, genotípicas e ambientais, herdabilidades, coeficientes de variação genotípico, fenotípico, correlações fenotípicas e genotípicas. Verificou-se variabilidade entre cultivares e herdabilidades elevadas (acima de 80%) para todos os caracteres, indicando que a seleção deve ser eficiente. Tanto na matriz de correlação fenotípica e genotípica verifica-se elevada correlação negativa entre altura de plantas e peso de panículas e grãos, indicando que a seleção direta de genótipos mais baixos deverá levar a uma seleção indireta de genótipos mais produtivos. Como a herdabilidade de altura de plantas foi mais elevada, a mesma pode ser utilizada com eficiência em programas de melhoramento para aumentar rendimento de grãos. Tanto na matriz de correlação fenotípica e genotípica também se verifica elevada correlação positiva entre peso de panículas e grãos. Assim, tanto pela praticidade de avaliação como pela herdabilidade mais alta de peso de panículas, recomenda-se a seleção em peso de panículas para aumento do rendimento de grãos em sorgo.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, correlação, herdabilidade.

Genetic parameters in sorghum cultivars evaluated in the off-season

Abstract: The objective was estimate genetic parameters in sorghum cultivars. The cultivars were the 1011 IPA varieties and hybrids of the company Agroeste. The experimental design was a randomized block design with 6 replications. The plots were 4 rows of 5 m long, spaced 0.5 m. The

planting took place on 23/05/2009 in Chapadinha, Maranhão. The characteristics evaluated were: plant height, hundred grain weight, panicle weight, grain yield and days to flowering. There has been the analysis of variance considering random model and were estimated phenotypic variances, genotypic and environmental heritability, coefficients of genotypic variation and phenotypic and genotypic correlations. There was variability among cultivars and high heritability (above 80%) for all traits, indicating that the selection should be efficient. Both the correlation matrix of phenotypic and genotypic there is high negative correlation between plant height and weight of panicles and grains, indicating that the direct selection of genotypes lowest should lead to indirect selection for higher grain yield. As the heritability of plant height was higher, it can be used effectively in breeding programs to increase yield. Both the matrix of phenotypic and genotypic correlation is also observed high positive correlation between weight of panicles and grain. Thus, both the practicality of evaluation as the highest heritability of panicle weight, we can recommend the selection weight of panicles to increase grain yield in sorghum.

Keywords: *Sorghum bicolor*, correlation, heritability.

Introdução

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é o quinto cereal mais importante do mundo, sendo precedido pelo trigo, arroz, milho e cevada. É utilizado como principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, do sul da Ásia e da América Central e importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, na Austrália e na América do sul. Os grãos podem ser utilizados na produção de farinha para panificação, amido industrial, álcool, e a palhada como forragem ou cobertura de solo (Borém, 2005). Em termos globais, o sorgo é a base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países (Ribas, 2003).

O cultivo do sorgo é especialmente importante no Nordeste brasileiro, onde metade da região está sobre a influência de fatores adversos, apresentando uma área de cerca de 840 000 km² classificada como semi-árida. A precipitação média anual, nessa região, varia de 500 a 1000 mm, com grandes áreas apresentando precipitação abaixo de 750 mm (Tabosa et al., 1993). Perspectivas favoráveis à expansão da cultura no Nordeste poderão ser concretizadas com a utilização do sorgo na forma de farinha mista, sobretudo na confecção de produtos industriais, como pães, bolachas, biscoitos, macarrão, etc. (Tabosa et al., 1993).

A planta do sorgo adapta-se a uma gama de ambientes principalmente com deficiência hídrica e alta temperatura, condições desfavoráveis à maioria dos cereais. Essa característica permite-lhe desenvolver-se e expandir-se em regiões com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (Borém, 2005).

Neste sentido, a cultura do sorgo granífero apresenta amplo potencial para uso nos cultivos de safrinha, onde é possível mecanizar todas as práticas culturais da lavoura. Adicionalmente, essa cultura permite, ainda, uma maior amplitude da época de semeadura, possibilitando maior flexibilidade na implantação da cultura em safrinha (Pale et al., 2003). Destaca-se, também, o auxílio da palhada do sorgo no controle de ervas daninhas (Souza et al., 1999), o que pode proporcionar menor infestação de ervas, na safra seguinte.

O uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção e às condições ambientais da região de cultivo, além do manejo adequado da cultura, constituem fatores importantes para a maximização do rendimento de grãos. Portanto, torna-se necessária a avaliação do desempenho de cultivares de sorgo, em regiões produtoras de grãos, disponibilizando-se, ao produtor rural, informações técnicas para emprego do sorgo no sistema de produção.

A obtenção de estimativas de parâmetros genéticos é fundamental no melhoramento de plantas, uma vez que permite identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento para a obtenção de ganhos genéticos e manutenção de uma base genética adequada nas populações (Câmara et al., 2007).

Contudo, selecionar progênies superiores não é tarefa fácil uma vez que os caracteres de importância, na maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo por serem influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados de tal forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros.

Este trabalho objetivou estimar variâncias genotípicas, fenotípicas, ambientais, herdabilidades, correlações genotípicas e correlações fenotípicas em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos em área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UFMA, em Chapadinha-MA (03° 44' 30"S, 43° 21' 37"W e 105 m de altitude), em solo classificado segundo Embrapa (1999), como Latossolo amarelo distrófico (Lad). As cultivares avaliadas foram a variedade IPA 1011 e os híbridos comerciais da empresa Agroeste, AS4615 (precoce, porte médio e grãos vermelhos sem tanino), AS4610 (precoce, porte médio e grãos castanhos sem tanino) e o híbrido experimental XBG18064 (precoce, porte médio e grãos vermelhos sem tanino), sendo identificados como tratamento 1, 2, 3, e 4 respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 6 repetições. As parcelas foram compostas por 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, utilizando as duas linhas centrais como parcela útil.

O plantio foi realizado no dia 23/05/2009, a adubação e os tratos culturais foram realizados da maneira recomendada para sorgo. As características avaliadas na área útil das parcelas foram: altura de plantas (AP) em metros, peso de cem grãos (PCG) em gramas, peso de panícula (PP) em grama, peso de grãos (PG) em grama e número de dias para 50% das plantas de cada parcela tivessem sua panícula floral totalmente desenvolvida (FL). Antes de proceder as análises, os dados de pesagem de grãos foram corrigidos para umidade padrão de 13% e os dados de peso de panículas e grãos transformados para kg ha^{-1} .

Procedeu-se as análises de variância para as características avaliadas considerando modelo aleatório. Posteriormente foram estimadas as variâncias fenotípicas, genotípicas e ambientais, herdabilidades, coeficientes de variação genotípico e correlações fenotípicas e genotípicas. As análises foram realizadas com o auxílio do software GENES (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância para todos os caracteres estão apresentados na Tabela 1. Para todas as características verificou-se variabilidade genética significativa entre os genótipos avaliados.

A média da população para altura de plantas foi de 0,84 m, sendo este resultado próximo aos obtidos por Silva et al. (2009) para sorgo safrinha no estado de Goiás. Cultivares que apresentam menor altura de plantas, associada a maior resistência de colmo, apresentam menor suscetibilidade ao acamamento ou quebra das plantas (Heckler, 2002).

Para a variável peso médio de cem grãos foi de 1,95 g, com o teor de umidade corrigido. Este valor foi inferior aos constatados por Heckler (2002) e superior ao obtido por Silva et al. (2009), 2,74 g e 1,79 g, respectivamente. Um dos fatores de grande influência no peso de grãos é a escassez de água, nos estádios de floração e maturação na época da safrinha ocasionando redução no tamanho da panícula das plantas de sorgo.

A produtividade média observada na Tabela 1 para os genótipos de sorgo avaliados foi de $2533,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Os resultados obtidos são considerados satisfatórios, sendo estes superiores quando comparados à média nacional de rendimento de sorgo, na safra 2009/2010 (2348 kg ha^{-1}) segundo a Conab (2010).

O florescimento das cultivares foi observado com uma média de 61 dias. Todas as cultivares apresentaram comportamento precoce; a média encontrada foi inferior a de Silva et al. (2009), de 77 dias. A maior precocidade, observada neste trabalho, é vantajosa, pois é uma maneira de escape do período de menor pluviosidade e muito interessante para cultivo em safrinha.

Percebe-se um baixo coeficiente de variação para as características de altura de plantas, peso de cem grãos e florescimento, 5,52%, 9,46% e 3,66%, respectivamente. Em geral os dados,

ficaram próximos de outros trabalhos de pesquisa, o que mostra boa precisão experimental quando comparado aos trabalhos de Heckler (2002) e Mariguele e Silva (2002).

Comparando os coeficientes de variação da Tabela 1, os menores valores são observados para as características de florescimento e altura de plantas.

Estas variáveis são menos influenciadas pelo ambiente, contrastando com peso de grãos e peso de panícula, com os maiores CV(%), respectivamente, sendo estas duas características muito influenciadas pelo ambiente. Silva et al. (2009), avaliando cinco cultivares de sorgo no sudoeste de Goiás encontraram resultados semelhantes, em que os maiores CV(%) obtidos foram para rendimento de grãos (11,33), peso de mil grãos (6,72), altura de plantas (5,06) e florescimento (2,73), respectivamente.

O peso de panícula variou entre 1350 e 4250 kg ha⁻¹ com um coeficiente de variação de 24,54%. Houve uma elevada correlação entre blocos no experimento, com média de 0,91 (dados não apresentados), mostrando que os genótipos avaliados apresentaram uma boa estabilidade entre blocos.

Tabela 1. Resumo da análise variância para altura de plantas (AP), peso de cem grãos (PCG), peso de panículas (PP), peso de grãos (PG) e número de dias para o florescimento (FL).

F.V.	G.L.	QM				
		AP (m)	PCG (g)	PP (kg ha ⁻¹)	PG (kg ha ⁻¹)	FL (dias)
Tratamentos	3	0,1049**	0,4215**	3793993**	1973055,6*	17,37*
Blocos	5	0,0024	0,0734	733687,5	435666,7	8,44
Resíduo	15	0,0021	0,0339	626409,7	386722,2	4,97
Máximo	-	1,06	2,4	5550	4250	64
Média	-	0,84	1,95	3293,7	2533,3	61
Mínimo	-	0,66	1,3	1800	1350	57
CV(%)	-	5,52	9,46	24,03	24,54	3,66

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

Uma informação relevante para o melhorista é conhecer a proporção da variação fenotípica atribuída a causas genéticas e ambientais. Analisando as variâncias genotípicas e fenotípicas (Tabela 2), observa-se que para as variáveis altura de plantas e peso de cem grãos, grande parte da variância fenotípica é devida a variância genotípica, sendo então, grande parte destas características atribuídas a expressão gênica para o caráter, com o ambiente exercendo pouca influência nestas características.

Foram constatados valores relativamente altos de herdabilidade para todas as características avaliadas (Tabela 2), especialmente para altura de plantas (97,9%). Kenga et al. (2006), ao avaliarem 75 híbridos de sorgo cultivados na África, obtiveram estimativas de

herdabilidade entre 5 e 77% nas diferentes características que estudaram, entre elas, a altura das plantas (77%) que teve percentual menor neste estudo, enquanto a herdabilidade para o florescimento (42%) foi consideravelmente menor.

Estimativas de herdabilidade de alta magnitude podem ser indicativas que: a) um pequeno número de genes controla o caráter (complexidade biológica); b) pouco da variação do caráter é devido ao ambiente ou erro experimental e/ou c) as diferenças relativas entre valores genotípicos são pouco influenciadas pelo ambiente (interação genótipos x ambientes é pouco expressiva) (Flint-Garcia et al., 2005). Neste trabalho, as maiores herdabilidades (Tabela 2) estão relacionadas, possivelmente, a menor influência ambiental, que pode ser analisada com os coeficientes de variação na Tabela 1.

O coeficiente de variação genético (CVg) e a razão CVg/CVe são parâmetros utilizados na quantificação da variabilidade genética disponível na população, quando se deseja determinar o potencial desta para fins de melhoramento. O CVg dá ideia sobre a proporcionalidade do ganho em relação à média no caso de seleção, e a relação CVg/CVe > 1 indica situação favorável a seleção (Faleiro et al., 2002). Os valores de CVg baixos, indicam em termos práticos que o ganho genético com a seleção para esse caractere será provavelmente mais demorado devido a baixa variabilidade da população, como é o caso do florescimento. Dentre os valores da razão CVg/CVe o maior resultado (2,82) foi obtido para altura de plantas, seguido pelo caráter de peso de cem grãos (1,38), em concordância com dois maiores valores de herdabilidade, respectivamente. Estes resultados maiores do que 1,0 sugerem boas perspectivas de ganho genético por seleção direta destas características (Mistro et al., 2007). O coeficiente de variação genético foi relativamente baixo para estas duas variáveis, enquanto para peso de panícula e peso de grãos este parâmetro ficou mais elevado, 22% e 20%, respectivamente.

Tabela 2. Variância fenotípica (Vp), variância genotípica (Vg), variância ambiental (Ve), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genético (CVg) e razão entre os coeficientes de variação genético e experimental (CVg/CVe).

Parâmetros Genéticos	Características*				
	AP (m)	PCG (g)	PP (kg ha ⁻¹)	PG (kg ha ⁻¹)	FL (dias)
Vp	0,0175	0,0702	632332	328843	2,90
Vg	0,0171	0,0646	527931	264389	2,07
Ve	0,0004	0,0056	104402	64454	0,83
h^2 %	97,96	91,97	83,49	80,40	71,37
CVg	15,61	13,06	22,06	20,30	2,36
Razão CVg/CVe	2,829	1,381	0,918	0,827	0,644

* AP = altura de plantas; PCG = peso de cem grãos; PP = peso de panículas; PG = peso de grãos; FL = florescimento.

A altura de plantas apresenta correlação fenotípica negativa (diagonal superior da Tabela 3) com peso de grãos (-0,83) e peso de panículas (-0,88). A correlação fenotípica para peso de grãos é positiva com o peso de panículas. O florescimento apresentou correlação fenotípica elevada (-0,95) com a altura de plantas, diferente dos resultados obtidos por Cunha et al.(2009), onde a correlação fenotípica foi de 0,12.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (diagonal superior) e genotípica (diagonal inferior) entre cinco caracteres de sorgo granífero.

	AP*	PCG*	PP*	PG*	FL*
AP	-	-0,48	-0,88	-0,83	-0,95
PCG	-0,5	-	0,27	0,13	0,36
PP	-1	0,27	-	0,99	0,73
PG	-0,99	0,1	0,99	-	0,68
FL	-1	0,42	0,94	0,91	-

*AP = altura de plantas; PCG = peso de cem grãos; PP = peso de panículas; PG = peso de grãos; FL = florescimento.

As correlações genotípicas (diagonal inferior da Tabela 3) são maiores que as fenotípicas, exceto entre os caracteres peso de grãos e peso de cem grãos, o que indica forte influência do componente genético na correlação. Tal fato torna-se importante no caso de seleção simultânea para vários caracteres correlacionados entre si (Lemos et al., 1992).

Na matriz de correlação genotípica (diagonal inferior da Tabela 3) observa-se elevada correlação negativa entre altura de plantas e peso de panículas e grãos, indicando que a seleção direta de genótipos mais baixos deverá levar a uma seleção indireta de genótipos mais produtivos. Como a herdabilidade de altura de plantas é mais elevada (Tabela 2), a mesma pode ser utilizada com eficiência em programas de melhoramento para aumentar o rendimento de grãos de sorgo.

Também verifica-se que ocorre elevada correlação genotípica positiva entre peso de panículas e grãos (diagonal inferior da Tabela 3). Assim, tanto pela praticidade de avaliação como pela herdabilidade mais alta de peso de panículas (Tabela 2), deve-se recomendar a seleção com base em peso de panículas para o aumento do rendimento de grãos em sorgo.

Conclusão

Verifica-se variabilidade entre as cultivares e herdabilidades elevadas para todos os caracteres avaliados, indicando que a seleção deve ser eficiente.

A seleção direta de genótipos mais baixos deverá levar a seleção indireta de genótipos mais produtivos.

A altura de plantas possui elevada correlação positiva com peso de grãos e maior

herdabilidade, portanto, pode ser utilizada com eficiência em programas de melhoramento para aumentar o rendimento de grãos de sorgo.

Pela praticidade de avaliação e herdabilidade mais alta do peso de panículas, recomenda-se a seleção com base em peso de panículas para o aumento do rendimento de grãos em sorgo.

Referências

BO RÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 969 p.

CÂMARA, T. M. M. et al. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2009/2010 ñ oitavo levantamento ñ maio/2010. Brasília, 2010. 45 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/8graos_6.5.10.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2010.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J; PATO, A. D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 399 p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P.; LIRA, M. A. Herdabilidade e correlações entre caracteres produtivos de cultivares de sorgo forrageiro. In: 46º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2006. p. 41-43.

FALEIRO, F. G. et al. Comparação de blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de parâmetros genéticos em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 12, p. 1675-1680, 2002.

FLINT-GARCIA, S. A. et al. Maize association population: a high-resolution platform for quantitative trait locus dissection. **Plant Journal**, v. 44, n. 6, p. 1054-1064, 2005.

HECKLER, J. C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 517-520, 2002.

KENGA, R. et al. Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populations. **Euphytica**, v. 150, p. 319-326, 2006.

- LEMOS, M. A. et al. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais em progênies de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 12, p. 1563-1569, 1992.
- MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 13-18, 2002.
- MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; GALLO, P. B. Estimates of genetic parameters in Arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 141-147, 2007.
- PALE, S.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D. Planting time for early-season pearl millet and grain sorghum in Nebraska. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 4, p. 1047-1053, 2003.
- RIBAS, P. M. **Sorgo**: introdução e importância. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. p. 16. (Documentos, 26).
- SILVA, A. G. et al. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha do sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168-174, 2009.
- SMALLEY, M. D.; DAUB, J. L.; HALLAUERS, A. R. Estimation of heritability in maize by parent-offspring regression. **Maydica**, v. 49, n. 3, p. 221-229, 2004.
- SOUZA, C. N. de; SOUZA, I. F. de; PASQUAL, M. Extração e ação do sorgoleone sobre o crescimento das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 331-338, 1999.
- TABOSA, J. N. et al. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.