

Correlações Fenotípicas e Ambientais Entre Caracteres Agroindustriais de Sorgo Sacarino

Gabrielle Maria Romeiro Lombardi¹, José Airton Rodrigues Nunes², Rafael Augusto da Costa Parrella³, Adriano Teodoro Bruzi⁴, Nayara Norrene Lacerda Durães⁵, Talieisse Gomes Fagundes⁶

Resumo

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de etanol. O objetivo deste trabalho foi estimar as correlações fenotípicas e ambientais entre caracteres agroindustriais de sorgo sacarino. Para isso, foram avaliados 45 genótipos (linhagens/híbridos) em experimento conduzido no delineamento experimental alfa látice 9 x 5 com três repetições e parcela constituída por duas linhas de 5,0 m. Avaliaram-se os seguintes caracteres agroindustriais: altura da planta, diâmetro do colmo, peso da panícula, dias para florescimento, teor de fibra no colmo, teor de sólidos solúveis totais, teor de sacarose, teor de açúcares totais recuperáveis, toneladas de colmos por hectare (TCH), toneladas de brix por hectare (TBH) e tonelada de pol por hectare (TPH). A precisão experimental foi alta, apresentando valores de acurácia entre 86% (BRIX) a 94% (Altura, TCH, TBH). Observou-se a existência de variabilidade genética entre os genótipos para todos os caracteres estudados, com exceção do diâmetro. Os caracteres relacionados aos teores de açúcares apresentaram correlações fenotípicas positivas e de magnitude elevada ($r > 0,70$) entre si. O peso da panícula não apresentou correlações significativas com a maioria dos demais caracteres agrônômicos e tecnológicos avaliados, com exceção do florescimento (-0,27) e fibra (0,29).

Introdução

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de etanol, por possuir colmos suculentos com presença de açúcares diretamente fermentáveis, assim como a cana-de-açúcar (Kim and Day, 2010). Esta semelhança possibilita a utilização da mesma estrutura agroindustrial sucroalcooleira para produção de etanol a partir dessa cultura durante a entressafra da cana-de-açúcar. O que possibilita o fortalecimento da produção nacional de etanol, reduzindo o período de ociosidade das usinas e, por consequência, a amortização de oscilações no preço do etanol ao longo do ano.

Dentre os principais objetivos dos programas de melhoramento do sorgo sacarino estão à diminuição no tamanho da panícula e a melhoria na quantidade e na qualidade dos açúcares presentes no colmo (Borgonoi *et al.*, 1982; Souza *et al.*, 2012). Como muitas características são levadas em consideração no processo seletivo para obtenção deste ideótipo, as correlações entre características podem influenciar positiva ou negativamente na seleção e, portanto, devem ser avaliadas a fim de contribuir na orientação das estratégias em programas de melhoramento genético.

As estimativas de correlações permitem prever o comportamento de uma característica quando se realiza a seleção em outra correlacionada, ou seja, implica na viabilidade de se promover a seleção em uma característica de fácil mensuração, visando obter ganhos em outra de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade.

Diante o exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar correlações fenotípicas e ambientais entre caracteres agroindustriais de sorgo sacarino.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária – Muquém da Universidade Federal de Lavras – UFLA (latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W e altitude 918 m), localizada no município de Lavras. O plantio do experimento ocorreu no mês de novembro de 2012, que coincide com o início do período chuvoso na região.

¹ Graduanda da Universidade Federal de Lavras – UFLA/Lavras. Bolsista da PIBIC/Fapemig. e-mail: gabriellelombardi@hotmail.com.br

² Professor Adjunto do Departamento de Biologia – UFLA/Lavras. e-mail: jarnunes@dbi.ufla.br

³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. e-mail: parrella@cnpmc.embrapa.br

⁴ Professor do Departamento de Agricultura – UFLA/Lavras. e-mail: adrianobruzi@dag.ufla.br

⁵ Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas – UFLA/Lavras. e-mail: nayaranorrene@hotmail.com

⁶ Graduanda da Universidade Federal de Lavras – UFLA/Lavras. e-mail: talieissefagundes@hotmail.com

Foram avaliados 45 genótipos, os quais consistiram de: 10 linhagens restauradoras de fertilidade (R) – machos de porte alto e alto teor de açúcares, três linhagens macho-estéreis (A) – fêmeas de porte baixo e baixo teor de açúcares, 30 híbridos entre as linhagens A e R, além de dois híbridos comerciais.

O delineamento experimental utilizado foi o alfa látice 9 x 5 com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 5,0 m de comprimento e espaçadas por 0,60 m entre fileiras. As linhagens macho-estéreis foram alocadas em parcelas de quatro linhas de 5,0 m, sendo consideradas apenas as duas linhas centrais como área útil. A população adotada foi de 140.000 plantas ha⁻¹.

As seguintes características foram avaliadas: altura de planta (m); diâmetro do colmo (mm); peso da panícula (Kg); número de dias para o florescimento; teor de fibra no colmo (Fibra); teor de sólidos solúveis totais (BRIX, %caldo); teor de sacarose (Pol C, %cana); teor de açúcares totais recuperáveis (ATR); tonelada de brix por hectare (TBH); tonelada de colmo por hectare (TCH) e tonelada de pol por hectare (TPH).

As características agronômicas (altura, diâmetro, peso de panícula) foram avaliadas a partir de oito plantas amostradas por parcela. Para analisar a altura, mediu-se desde superfície do solo até o ápice da panícula; para o diâmetro, utilizou-se o paquímetro digital, avaliando a 1,30 m da superfície do solo; para o peso da panícula, utilizou-se uma balança de supersnã. Quanto ao florescimento observou-se o número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela estiveram em florescimento. As características industriais (Fibra, BRIX, Pol C, ATR, TBH, TCH e TPH) foram analisadas de acordo com CONSECANA (2006).

Os dados foram analisados utilizando o método da análise de variância. A precisão experimental foi aferida pela estimação da acurácia seletiva (Resende and Duarte, 2007). As correlações fenotípicas e ambientais entre os caracteres agroindustriais foram calculadas usando procedimento descrito por Cruz, Regazzi and Carneiro (2004). As análises foram realizadas por meio do programa Genes (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

Pelas análises estatísticas, observou-se que o delineamento experimental em alfa látice apresentou baixa eficiência, assim procedeu-se as análises considerando-se o delineamento em blocos completos causalizados. A precisão experimental foi verificada pela acurácia, a qual reflete a confiabilidade na estimação dos valores genotípicos reais a partir dos valores fenotípicos observados. As características agroindustriais, com exceção do diâmetro e peso de panícula, apresentaram valores de acurácia entre 86% (BRIX) a 94% (Altura, TCH, TBH), o que segundo Resende and Duarte (2007) indica que a precisão foi alta.

Houve diferença significativa entre os genótipos avaliados ($P < 0.05$) para todos os caracteres estudados, com exceção do diâmetro (Tabela 1), demonstrando a existência de variabilidade genética. As médias gerais dos caracteres se equiparam aos estudos de Ximenes *et al.* (1988) e Santos and Lhamby (1985), exceto o peso de panícula a qual foi inferior aos obtidos pelos autores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos caracteres agroindustriais de sorgo sacarino. Lavras – MG, 2013

FV	GL	Quadrados Médios										
		Flores.	Altura	Diam.	P.P.	TCH	BRIX	TBH	Pol C	TPH	Fibra	ATR
Genótipos	2	55,79**	0,52**	2,48 ^{n.s.}	58806,4*	355,14**	13,16**	5,63**	9,64**	5,01**	10,89**	678,28**
Erro	44	10,98	0,06	2,75	35533,7	44,4	3,39	0,68	2,34	0,7	1,68	162,64
Média Geral		77	2,96	13,8	476	41,2	12,4	3,62	6,18	2,67	13,62	71,01
Acurácia		0,90	0,94	0	0,63	0,94	0,86	0,94	0,87	0,93	0,92	0,87

Flores.: Dias para o florescimento; Diam.: diâmetro do colmo; P.P.: Peso da Panícula; TCH: Tonelada de colmo por hectare; BRIX: sólidos solúveis; TBH: Tonelada de BRIX por hectare; Pol C: sacarose; TPH: Tonelada de Pol por hectare; ATR: açúcar total redutor.

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

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

^{n.s.} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas das correlações fenotípicas e ambientais entre os caracteres estudados. Veja que essas estimativas variaram de -0,27 (P.P. vs Flores.) a 0,99 (ATR vs Pol C), valores dentro do esperado (-1 a 1), permitindo a inferência.

Dentre os caracteres tecnológicos, o teor de fibra apenas apresentou correlação fenotípica com o peso de panícula (0,29). Relativo aos caracteres que quantificam os teores de açúcares (BRIX, TBH, TPH, Pol C, ATR), evidenciou-se que estes foram fortemente correlacionadas entre si. Destacando-se o BRIX por apresentar correlações fenotípicas positivas e de magnitude elevada com ATR (0,98), com TBH (0,84), com TPH (0,91) e com Pol C (0,98); e as correlações ambientais tiveram valores positivos inferiores (0,97; 0,67; 0,81 e 0,97; respectivamente), mostrando que os fatores ambientais afetam a expressão dessas características na mesma direção. Pelo exposto, é viável a seleção indireta a partir dessa única característica (BRIX), que é de fácil mensuração e não demanda reagentes durante o processo, concordando com os estudos de Souza *et al.* (2012).

A TCH apresentou correlações fenotípicas positivas e de magnitude medianas com altura, florescimento, BRIX, Pol C e ATR. Todavia, com o TBH e TPH, os quais são caracteres alvo do melhoramento apresentaram correlações fenotípicas positivas e de magnitude altas. Assim, tendo em vista a dinâmica de avaliação de ensaios conduzidos em usinas, a seleção focada com base no TBH está na direção correta, devido às altas correlações observadas entre esse caractere com os industriais como Pol C e ATR.

Os caracteres agronômicos (florescimento, altura, diâmetro e peso de panícula), em geral, apresentaram correlações de baixa magnitude. Vale destacar a correlação fenotípica negativa entre peso de panícula e Florescimento (-0,27), indicando que a seleção de plantas de floração mais tardia resultaria em plantas com menor peso de panícula. Mas em virtude da baixa magnitude dessa correlação pode-se inferir acerca da possibilidade de selecionar-se genótipos precoces que associem baixo peso de panícula. Segundo Borgonovi *et al.* (1982), menor peso de panícula estaria associado com maior produção de BRIX, ATR e Pol C, caracteres estes desejáveis para a produção de etanol. Porém, no presente estudo não foram verificadas correlações significativas entre o peso de panícula e os caracteres tecnológicos relacionados com os teores de açúcares.

Tabela 2. Correlações fenotípicas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) dos caracteres agronômicos, industriais e agroindustriais de genótipos de sorgo sacarino. Lavras – MG, 2013.

	Flores.	Altura	Diam.	P.P.	TCH	BRIX	TBH	Pol C	TPH	Fibra	ATR
Flores.	1	0,35**	0,33*	-0,27*	0,72**	0,64**	0,77**	0,65**	0,76**	-0,19	0,66**
Altura	0,23	1	0,23	0,25	0,66**	0,56**	0,59**	0,51**	0,54**	0,16	0,50**
Diam.	0,15	0,33*	1	-0,17	0,35*	0,31*	0,40**	0,31*	0,39**	-0,08	0,32*
P.P.	0,07	0,08	0,02	1	0,01	-0,18	-0,17	-0,22	-0,19	0,29*	-0,24
TCH	0,09	0,22	0,13	0,07	1	0,65**	0,93**	0,63**	0,86**	-0,1	0,64**
BRIX	0,2	0,1	-0,02	-0,17	0,15	1	0,84**	0,98**	0,91**	0,16	0,98**
TBH	0,2	0,18	0,06	-0,08	0,78**	0,67**	1	0,83**	0,98**	-0,1	0,84**
Pol C	0,24	0,07	-0,07	-0,16	0,14	0,97**	0,64**	1	0,91**	0,04	0,99**
TPH	0,21	0,18	0,01	-0,1	0,63**	0,81**	0,93**	0,81**	1	-0,04	0,92**
Fibra	-0,02	0,22	0,16	0,02	0,04	0,16	0,11	0,03	0,1	1	-0,01
ATR	0,24	0,07	-0,07	-0,17	0,13	0,97**	0,64**	0,99**	0,82**	0,02	1

Flores.: Época de florescimento dos genótipos; Diam: diâmetro dos Colmos; P.P.: Peso da Panícula; TCH: Tonelada de colmo por hectare; BRIX: sólidos solúveis; TBH: Tonelada de BRIX por hectare; Pol C: sacarose; TPH: Tonelada de Pol por hectare; ATR: açúcar total redutor.

* Significativo pelo teste bootstrap a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste bootstrap a 1% de probabilidade.

Apoio

Os autores agradecem a Embrapa Milho e Sorgo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela parceria e apoio na condução do projeto e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Referências

- Borgonovi, RA; Santos, FG and Schaffert, RE (1982) **Estimativas da capacidade geral e específica de combinação e de correlações entre características agrônômicas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. In: CONGRESSO DE MILHO E SORGO, p.131.
- CONSECANA (2006) Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 112p.
- Cruz, CD (2006) **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: Editora UFV, 285p.
- Cruz, C D, Regazzi, A.J and Carneiro, PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 480 p.
- Kim M and Day DF (2010) Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar Mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**. v. 38, p. 803-807.
- Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, p. 182-194.
- Santos HP and Lhamby JCB (1985) Comportamento de genótipos de sorgo no planalto Sul-Rio-Grandense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 20(3): 335-342.
- Souza VF, Hatt S, Parrella RAC, Tardin FD and Schaffert RE (2012) **Estimativas de Correlações Fenotípicas e Genotípicas entre Parâmetros Agroindustriais do Sorgo Sacarino**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindoia, p. 2431 – 2436.
- Ximenes PA, Freire AC and Marciano Junior WN (1988) Avaliação do potencial agrônômico de algumas cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*). **Anais Esc. Agronomico e Veterinario**, 18 (1): 109 -115.