

Estimação de Parâmetros Genéticos em Linhagens Endogâmicas Recombinantes de Sorgo Sacarino

Vander Fillipe de Souza¹, Rafael Augusto da Costa Parrella², Cynthia Maria Borges Damasceno², Lauro José Moreira Guimarães², Karine da Costa Bernardino³, Geraldo Afonso de Carvalho Junior⁴, Robert Eugene Schaffert²

Resumo

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para caracteres agroindustriais de sorgo sacarino. Foram avaliadas 223 linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo sacarino, mais os genitores BR501 (Brandes) e BR505 (Wray). O delineamento foi em látice 15x15 com três repetições. Avaliaram-se os caracteres produção de biomassa (Biomassa), extração de caldo (Extração), fibras no colmo (Fibra), sólidos solúveis totais (Brix), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), açúcares totais recuperáveis (ATR), produção teórica de álcool por tonelada de biomassa (Álcool t⁻¹) e produção teórica de álcool por hectare (Álcool ha⁻¹). Observou-se a existência de variabilidade genética entre as linhagens, com altos valores de herdabilidade e acurácia seletiva, principalmente para as estimativas de produção de açúcares totais e de produção teórica de etanol. Os caracteres Brix, Pol, ART, Álcool t⁻¹ e Álcool ha⁻¹ apresentaram valores de coeficiente de variação genético superiores aos valores de coeficiente de variação experimental, o que favorece a seleção genotípica. As estimativas teóricas de produção de etanol podem ser um interessante índice de seleção a ser explorado, tanto por apresentarem parâmetros genéticos propícios, como pela produção teórica de álcool por hectare ser uma junção entre potencial produtivo de biomassa e de teores de açúcares totais.

Introdução

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] tem sido considerado uma importante matéria-prima para produção de etanol por apresentar açúcares diretamente fermentescíveis, o que possibilita utilizar a mesma estrutura agroindustrial sucroalcooleira, cobrindo a ociosidade das usinas durante a entressafra da cana-de-açúcar ou renovação dos canaviais.

Dentre as principais metas dos programas de melhoramento de sorgo sacarino estão o aumento da produção de biomassa e a melhoria na quantidade e qualidade dos açúcares presentes no colmo, o que resulta em maior produtividade de etanol. Desta forma, é importante conhecer os parâmetros genéticos relacionados a estes caracteres, para aperfeiçoar os mecanismos de seleção dos genótipos.

Assim, o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viciada) apresenta ferramenta ideal para as análises, por possibilitar avaliações genotípicas, com a eliminação dos efeitos ambientais residuais embutidos nos dados fenotípicos (Marcelino and Iemma 2000, Resende and Duarte 2007).

Objetivou-se neste trabalho estimar parâmetros genéticos de características agroindustriais para produção de etanol de 225 linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo sacarino.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente à Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola 2010/2011. Foram avaliadas 223 linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo sacarino na geração F_{2,6} do método descendente de uma única semente (Brim 1966), além dos genitores. As linhagens são oriundas do cruzamento entre as cultivares BR501 (Brandes) e BR505 (Wray), que são contrastantes para caracteres agroindustriais como quantidade e qualidade de açúcares no caldo e fibras.

O delineamento experimental utilizado foi látice 15x15, com três repetições, totalizando 675

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Bioengenharia - UFSJ/São João del-Rei. e-mail:vanderfsouza@gmail.com

² Pesquisador(a) da Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS - EMBRAPA/Sete Lagoas. e-mail: rafael.parrella@embrapa.br, cynthia.damasceno@embrapa.br, lauro.guimaraes@embrapa.br, robert.schaffert@embrapa.br

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento - UFV/Viçosa. e-mail:karinecosta23@gmail.com

⁴ Ph.D. student in Plant Breeding at Texas A&M University – TAMU/College Station, TX. email:gacjunior@tamu.edu

parcelas. As parcelas foram compostas por duas linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,70 m. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de biomassa (Biomassa), extração de caldo (Extração), fibras no colmo (Fibra), sólidos solúveis totais (Brix), açúcares redutores (AR), sacarose (Pol), açúcares redutores totais (ART), produção teórica de álcool por tonelada de biomassa (Álcool t⁻¹) e produção teórica de álcool por hectare (Álcool ha⁻¹).

A produção de biomassa verde foi calculada por parcela e transformada em tonelada por hectares. A extração de caldo foi realizada em prensa hidráulica com pressão mínima e constante de 250 kgf cm⁻² durante 1 minuto, sobre uma amostra de 500 g de biomassa fresca desintegrada e homogeneizada. O conteúdo de fibras foi calculado pelo método de Tanimoto (1964). O teor de sólidos solúveis totais foi aferido em refratômetro digital de leitura automática em °Brix. A sacarose foi determinada a partir da leitura do caldo em sacarímetro digital, após clarificação do caldo com mistura floculante à base de alumínio; e os açúcares redutores foram aferidos pelo método de Lane & Eynon, a partir da destilação com Fehling A e B (Consecana-SP 2006).

Levando-se em consideração que os açúcares presentes no caldo de sorgo sacarino correspondem aos da cana-de-açúcar, os coeficientes estequiométricos e os fatores de correção utilizados para cálculo da produção teórica de etanol foram os mesmos. Foram utilizadas as seguintes fórmulas: ART = Pol ÷ 0,95 + AR; Álcool t⁻¹ = ART × 10 × 0,6475 × 0,85; e Álcool ha⁻¹ = Álcool t⁻¹ × Biomassa.

A análise estatística foi processada utilizando-se o programa SELEGEN-REML/BLUP (Resende 2007). Para a predição de valores genéticos foi considerado o modelo 17, proposto para análises de blocos incompletos, conforme apresentado: $y = Xr + Zg + Wb + e$. Em que: y - é o vetor de dados; r - é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g - é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); b - é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios); e e - é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para análises dos efeitos aleatórios foi utilizado o teste da razão de verossimilhança (LTR), realizado a partir da diferença entre as devianças para os modelos com e sem o efeito a ser testado, com significância dessa diferença usando o teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

Resultado e Discussão

Na análise de deviance os efeitos de genótipos e de blocos foram altamente significativos (P<0,01) pelo teste LTR em todos os parâmetros avaliados. Esses resultados indicam que existe variabilidade genética significativa a ser explorada pelo melhoramento, assim como a recuperação da informação interblocos para ajuste dos valores genotípicos foi vantajosa em relação à análise de blocos ao acaso (Tabela 1).

Tabela 1 Estimativas da variância fenotípica (σ^2_p), variância genotípica (σ^2_g), variância ambiental entre blocos (σ^2_b), variância residual (σ^2_e), herdabilidade ajustada da média de genótipo (h^2_m), acurácia da seleção de genótipos (Acgen), coeficiente de variação genotípica (CVg), coeficiente de variação residual (CVe), coeficiente de variação relativa (CVr), valor genotípico predito médio, mínimo e máximo para os caracteres agroindustriais de 223 linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo sacarino, mais os genitores BR501(Brandes) x BR505(Wray), avaliados em Sete Lagoas-MG, no ano agrícola 2010/11.

Parâmetros	Biomassa (t ha ⁻¹)	Fibras (%)	Extração (%)	Brix (%)	AR (%)	Pol (%)	ART (%)	Álcool t ⁻¹ (l t ⁻¹)	Álcool ha ⁻¹ (l ha ⁻¹)
σ^2_f	92,50	5,52	22,36	6,19	0,26	5,53	4,79	145,13	374006
σ^2_g	28,79**	2,20**	7,58**	3,28**	0,07**	2,98**	2,51**	75,99**	177753**
σ^2_b	13,01**	0,63**	2,68**	0,55**	0,02**	0,36**	0,33**	10,12**	43727**
σ^2_e	50,69	2,69	12,10	2,36	0,17	2,19	1,95	59,01	152525
h^2_m	0,63	0,71	0,65	0,81	0,57	0,80	0,79	0,79	0,78
Acgen	0,79	0,84	0,81	0,90	0,76	0,90	0,89	0,89	0,88

CVg	21,70	8,89	5,39	15,50	11,79	29,33	18,61	18,61	35,51
CVe	28,79	9,82	6,80	13,15	17,73	25,16	16,41	16,40	32,90
CVr	0,75	0,91	0,79	1,18	0,67	1,17	1,13	1,13	1,08
Média BLUP	24,73	16,69	51,12	11,70	2,32	5,88	9,67	46,83	1.187,24
Mínimo BLUP	12,60	13,12	38,27	8,00	1,04	2,78	8,51	29,59	443,83
Máximo BLUP	44,92	21,88	57,19	16,10	5,23	10,44	12,64	69,56	3.351,88

** : significância a 1% pelo teste Qui-Quadrado com 1 grau de liberdade.

A acurácia foi considerada muito alta para Brix e Pol (0,90) e alta para as demais características avaliadas. A acurácia refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro e o estimado a partir das informações do experimento de campo. Isso representa uma boa qualidade experimental uma vez que a avaliação do coeficiente de variação experimental isoladamente não é adequada para isso (Resende and Duarte 2007).

A herdabilidade apresentou a mesma tendência da acurácia, com estimativas elevadas para todas as características avaliadas. Cunha and Lima (2010), avaliando sorgo forrageiro, obtiveram estimativa de herdabilidade de 74,76% para produção de matéria verde, valor superior ao observado no presente trabalho (63%). Entretanto, pelas estimativas de herdabilidade na média de progênies verificou-se a possibilidade de seleção de progênies genotipicamente superiores para os caracteres agroindustriais, pois a maior fração da variação fenotípica deve-se a causas genéticas. Apenas a variável AR apresentou valor da herdabilidade relativamente baixo ($h^2_m = 0,57$). Os baixos valores associados aos componentes de variância desta característica podem estar associados ao seu método analítico de aferição, que é demasiadamente laborioso, além de apresentar baixa precisão.

Os caracteres Brix, Pol, ART, Álcool t^{-1} e Álcool ha^{-1} apresentaram valores de coeficiente de variação genético superiores aos valores de coeficiente de variação experimental, o que favorece a seleção genotípica. Alguns autores, como Mistro et al. (2007) e Souza et al. (2007), sugerem o cálculo do índice b para detectar a variabilidade genética na população, independentemente das média da característica, que é justamente a razão entre os coeficientes de variação genético e experimental. Vencovsky (1987) também propôs uma estatística neste contexto denominado coeficiente de variação relativa ($CVr = CVg \div CVe$). Desta forma, os valores de Índice b ou CVr foram expressivos (>1) principalmente para as estimativas de produção de açúcares totais e teórica de etanol.

Do exposto, as estimativas teóricas de produção de etanol podem ser um interessante índice de seleção a ser explorado, tanto por apresentar estimativas propícias de parâmetros genéticos, como por ser uma junção do potencial produtivo de biomassa e de açúcares totais. Assim, a seleção de genótipos de sorgo sacarino baseada neste caractere pode contribuir significativamente para a melhoria da produtividade dessa matéria prima para produção de bioenergia.

Apoio

Os autores agradecem à Embrapa Milho e Sorgo, pela oportunidade de realização do trabalho. À Comissão Europeia FP7 projeto “SweetFuel”, à Fapemig e ao CNPq, pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de São João del-Rei, pela concessão da bolsa de estudo de doutorado ao aluno Vander Fillipe de Souza.

Referências

- Brim CAA (1966) Modified pedigree method of selection in soybeans. **Crop Science** 6: 220.
- Consecana (2006) **Manual de Instruções 5ª Edição**. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, Piracicaba, 112p.
- Cunha EE and LIMA JMP (2010) Caracterização de genótipos e estimativas de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:701-706.
- Marcelino SDR and Iemma AF (2000) Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados. **Scientia Agricola** 57: 643-652.

Mistor JC, Fazuoli LC and Gallo PB (2007) Estimates of genetic parameters in Arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 7: 141-147.

Resende MDV (2007) **Software SELEGEN- REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos**. Embrapa, Colombo, 359p.

Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 3: 182-194.

Souza CLC, Lopes ACA and Gomes RLF (2007) Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 7: 262-269.

Tanimoto T (1964) The press method of cane analysis. **Hawaiian Planter's Record** 57: 133-150.