



DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL

Rafael Augusto da Costa Parrella⁽¹⁾; Ruane Alice da Silva⁽²⁾; Luana Cristina Alves Ribeiro⁽²⁾; Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella⁽³⁾; Robert Eugene Schaffert⁽¹⁾.

RESUMO

O sorgo sacarino é a planta que mais se adapta ao setor sucroalcooleiro, visando fornecer matéria prima de qualidade para abastecer o mercado na entressafra da cana-de-açúcar, de forma a aumentar a produção de etanol no Brasil. O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho agroindustrial de genótipos de sorgo sacarino, visando à produção de etanol. Para isto, foram avaliados 24 genótipos de sorgo sacarino, sendo uma variedade experimental e 23 híbridos experimentais do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo. O experimento foi conduzido no município de Sete Lagoas-MG, na safra agrícola 2015/2016. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, com três repetições. Os caracteres avaliados foram: altura média de plantas; produção de massa verde; sólidos solúveis totais (^oBrix); teor de fibra; açúcares totais recuperáveis e toneladas de brix por hectare. Todas as características apresentaram diferenças significativas entre os genótipos avaliados, confirmando a existência de variabilidade genética e possibilitando a seleção dos mais adaptados. Foi possível identificar híbridos de sorgo sacarino com desempenho agroindustrial superior a variedade, destacando-se os híbridos SS008, SS007, SS014 e SS010, visando a produção de etanol.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, híbridos e bioenergia

PERFORMANCE OF EXPERIMENTAL SWEET SORGHUM HYBRIDS FOR ETHANOL PRODUCTION

Rafael Augusto da Costa Parrella⁽¹⁾; Ruane Alice da Silva⁽²⁾; Luana Cristina Alves Ribeiro⁽²⁾; Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella⁽³⁾; Robert Eugene Schaffert⁽¹⁾

SUMMARY

Sweet sorghum is the plant that best fits the sugar and alcohol sector to complement sugarcane and provide high quality feedstock in the off season of sugarcane in order to increase the production and reduce the cost per unit of ethanol in Brazil. The objective of this study was to evaluate the agro-industrial performance of experimental sweet sorghum hybrids for ethanol production. Twenty-four genotypes including one sweet sorghum variety and 23 experimental hybrids from the breeding program of Embrapa Milho e Sorgo. The experiment was conducted at Embrapa in Sete Lagoas, Minas Gerais, in the season 2015/2016. The experiment

¹Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/ MG e e-mail: rafael.parrella@embrapa.br ²Graduandas em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São João del-Rei-UFSJ. ³Professora da Universidade Federal de São João del-Rei-UFSJ.



was conducted in a randomized block design with three replications. The parameters evaluated were: plant height; green biomass production; total soluble solids ($^{\circ}$ Brix); fiber; total recoverable sugars and tons of Brix per hectare. Significant differences between genotypes, for all parameters confirming the existence of genetic variability and enabling the selection of the fittest. Four sweet sorghum hybrids (SS008, SS007, SS014 and SS010) with agroindustrial performance superior than the variety check for ethanol production were identified.

Key-words: *Sorghum bicolor*, hybrids and bioenergy

INTRODUÇÃO

Por apresentar-se como uma importante fonte para produção de etanol o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] tem sido observado tanto para aspectos industriais quanto agronômicos, para a produção desta energia renovável (DURÃES et. al., 2012). E ainda, o sorgo sacarino é a planta que mais se adapta ao setor sucroalcooleiro, principalmente quando cultivado no verão, visando fornecer matéria prima de qualidade para abastecer o mercado na entressafra da cana-de-açúcar, de forma a reduzir a instabilidade do mercado de etanol no Brasil.

Dentre as inúmeras vantagens do sorgo sacarino relatadas por May et al. (2014) pode-se destacar as seguintes: ciclo curto (quatro meses); cultura mecanizável (plantio por sementes, colheita mecânica e transporte); colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis; utilização do bagaço como fonte de energia para a industrialização, para a co-geração de eletricidade ou ainda, como forragem para alimentação de animais, contribuindo assim para um balanço energético favorável. Sendo assim, o sorgo sacarino é uma espécie para elevar a quantidade produzida de etanol anualmente no Brasil, uma vez que utiliza as mesmas destilarias já instaladas, sem a necessidade de mudança no parque industrial.

Um dos pilares para o sucesso do sistema de produção de etanol a partir do sorgo sacarino consiste no desenvolvimento de matéria-prima de qualidade. O desenvolvimento de genótipos que atendam às características tecnológicas demandadas pelo setor sucroalcooleiro é um dos principais papéis dos programas de melhoramento genético.

OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho agroindustrial de híbridos experimentais de sorgo sacarino, visando à produção de etanol.



MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 24 genótipos de sorgo sacarino, sendo uma variedade experimental (CMSXS646) e 23 híbridos experimentais (SS001 ao SS023) do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo. O experimento foi conduzido, no município de Sete lagoas, situada no Centro-Oeste de Mineiro, na safra agrícola 2015/2016, com semeadura em novembro de 2015. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, sendo 72 parcelas divididas em três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por duas fileiras de cinco metros, com espaçamento de 0,70 m entre linhas, obtendo uma população inicial de 125.000 plantas por hectare. Foram aplicados para adubação de plantio 400 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16 e 200 kg.ha⁻¹ de ureia em cobertura, quando as plantas apresentavam de 4 a 6 folhas definitivas. Foi aplicado atrazina na dosagem de 3 L ha⁻¹ quando o sorgo apresentava 4 folhas definitivas.

As características avaliadas foram: altura de planta, em metros, medidas da superfície do solo ao ápice das panículas de cada parcela; produção de massa verde (PMV), em toneladas por hectares, obtido através da pesagem das plantas da parcela; sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, determinado em caldo extraído em prensa hidráulica (PHS250), a partir de 8 colmos desfibrados e homogeneizados, utilizando-se um refratômetro digital de leitura automática; teor de fibra, em porcentagem e; açúcares totais recuperáveis (ATR), em kg t⁻¹, ambos obtidos de acordo com CONSECANA (2006); e toneladas de brix por hectare (TBH), em t ha⁻¹, que é um índice obtido a partir do produto da multiplicação do PMV x o teor de sólidos solúveis totais em unidade (PMV x Brix). Para análise dos dados foi empregado o programa Sisvar V5.4 (FERREIRA, 2000) e para comparação das médias o teste Scott-Knott (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para altura de planta, , PMVSST, em teor de fibra, , ATR, TBH, estão apresentadas na tabela 1. Todos os parâmetros apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os genótipos avaliados, confirmando a existência de variabilidade genética e possibilitando a seleção dos mais adaptados.

Os valores médios para altura de plantas, PMVSST teor de fibra, ATR e toneladas de brix por hectare estão apresentados na tabela 2. A altura de plantas variou de 2,93m para o híbrido SS019 a 4,81m para o SS010, o PMV variou de 31,51 t ha⁻¹ para o híbrido SS023 a 96,05 t ha⁻¹ para o SS008, o SST variou de 14,77 °Brix para híbrido SS017 a 20,03 °Brix para a variedade CMSXS646, o teor de fibra variou de 12,02 % para o híbrido SS018 a 23,83 % para o SS006, o ATR variou de 90,66 t ha⁻¹ para o híbrido SS008 a 141,79 t ha⁻¹ para o SS020 e o TBH variou de 5,42 t ha⁻¹ para o híbrido SS023 a 15,07 t ha⁻¹ para o SS008.

Tabela 1 – Análise de variância para altura de plantas, em metros, produção de massa verde (PMV), em t ha⁻¹, teor de sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, teor de fibra, em porcentagem, açúcares totais recuperáveis (ATR), em kg t⁻¹ e



toneladas de brix por hectare (TBH), em $t\ ha^{-1}$, avaliados em genótipos de sorgo sacarino, na safra 2015/2016, em Sete lagoas-MG.

FV	GL	QM					
		ALTURA	PMV	SST	Fibra	ATR	TBH
Blocos	2	0,14	130,24	7,73*	6,01*	485,54	2,26
Genótipos	23	1,25**	796,54**	6,64**	55,12**	487,77**	19,13**
Resíduo	46	0,06	65,51	2,30	1,62	209,21	2,45
MÉDIA		3,82	61,64	17,39	18,04	111,55	10,49
CV(%)		6,39	13,13	8,72	7,07	12,97	14,92

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

O PMV é uma das principais características de sorgo sacarino, de onde são extraídos todos os açúcares fermentáveis para produção de etanol. Souza et al. (2013) avaliando variedades de sorgo sacarino em diferentes ambientes, obteve valores de PMV dos genótipos variando de $15,9\ t\ ha^{-1}$ a $65,14\ t\ ha^{-1}$ e a variedade CMSXS646 variou de $26,2\ t\ ha^{-1}$ a $60,19\ t\ ha^{-1}$, no ambiente desfavorável e favorável, respectivamente. Figueiredo et. al (2015) avaliou variedades e híbridos de sorgo sacarino e obteve PMV na média de 9 ambientes, variando de $28,47\ t\ ha^{-1}$ a $49,6\ t\ ha^{-1}$ e a variedade CMSXS646 apresentou PMV de $42,13\ t\ ha^{-1}$. Neste trabalho, a produtividade da variedade CMSXS646 foi de $49,14\ t\ ha^{-1}$, que está dentro do intervalo observado por outros autores. Vale destacar que, o maior potencial produtivo de pelo menos 10 novos híbridos experimentais apresentaram PMV superior a $60\ t\ ha^{-1}$. Neste grupo, destacaram-se os híbridos SS008, SS007, SS014 e SS010 com produtividade superior $75\ t\ ha^{-1}$.

O SST é outra característica de grande importância, pois é diretamente correlacionada com o teor de açúcares fermentáveis, e quanto maior seu valor, maior a produção de açúcar para produção de etanol (MURRAY et. al., 2008). Souza et al. (2013) avaliando variedades de sorgo sacarino em diferentes ambientes, obteve valores de SST dos genótipos variando de 11,7 a 22,1 °Brix e a variedade CMSXS646 variou de 17,9 a 20 °Brix, no ambiente desfavorável e favorável, respectivamente. Figueiredo et. al., (2015) avaliou variedades e híbridos de sorgo sacarino e obteve SST na média de 9 ambientes variando de 11,21°a 18,81 °Brix e a variedade CMSXS646 apresentou SST de 18,19. Neste trabalho, o teor de SST da variedade CMSXS646 foi de 20,03, que está dentro do intervalo observado por outros autores. Pode-se notar, pelo menos 9 novos híbridos experimentais, que com SST superior a 17,85 °Brix. Neste grupo, destacaram-se os híbridos SS002, SS004, SS005, SS006, SS009, SS011, SS012, SS014, SS020, SS021 e a variedade CMSXS646.

Os teores de fibra estão de acordo com os observados para cana de açúcar, que podem variar de 11% a 16% em média (AMARAL & TAVARES, 2013), como os híbridos SS014, SS013, SS021, SS015, SS018, SS016, SS020, SS019, SS017, SS023 e a variedade CMSXS646. Vale salientar, alguns híbridos que apresentaram valor superior a 20%.

O ATR mede a qualidade de cana de açúcar, e varia de acordo com a época de colheita, genótipo e a região. No primeiro levantamento feito pela CONAB (2016)



para a safra 2015/2016, as estimativas de ATR, em $t\ ha^{-1}$, variam de 146 para região Norte, 125 para a região Nordeste, 135 para a região Centro-Oeste, 130 para a região Sudeste e 134 para região Sul. Desta forma, destacaram-se os híbridos SS014, SS012, SS021, SS020 e a variedade CMSXS646, que apresentaram ATR de 128,

Tabela 2 – Valores médios para altura de planta, em metros, produção de massa verde (PMV), em $t\ ha^{-1}$, teor de sólidos solúveis totais (SST), em graus Brix, teor de fibra, em porcentagem, açúcares totais recuperáveis (ATR), em $kg\ t^{-1}$ e toneladas de brix por hectare (TBH), em $t\ ha^{-1}$, avaliados em genótipos de sorgo sacarino, na safra 2015/2016, em Sete lagoas-MG.

Genótipos	Altura (m)	PMV ($t\ ha^{-1}$)	SST (°B)	Fibra (%)	ATR ($kg\ t^{-1}$)	TBH ($t\ ha^{-1}$)						
201554SS008	4.58	a	96.05	a	16.47	b	22.08	a	90.66	b	15.07	a
201554SS007	4.00	b	92.63	a	15.60	b	21.82	a	98.62	b	14.92	a
201554SS014	4.12	b	75.76	b	19.17	a	16.96	d	128.28	a	13.82	a
201554SS010	4.81	a	82.38	a	16.87	b	20.75	b	107.43	b	13.14	a
201554SS013	4.25	b	78.62	b	17.27	b	18.07	c	114.55	b	12.97	a
201554SS009	4.56	a	73.71	b	18.13	a	20.68	b	104.96	b	12.82	a
201554SS012	4.33	b	69.38	b	19.10	a	20.58	b	121.17	a	12.28	a
201554SS001	3.58	c	72.05	b	15.93	b	20.04	b	104.16	b	11.67	a
201554SS011	4.60	a	66.10	b	17.97	a	21.06	b	102.31	b	11.47	a
201554SS021	3.37	c	54.53	c	19.70	a	14.28	e	132.10	a	10.89	b
201554SS022	3.27	c	60.14	c	17.00	b	15.84	d	107.67	b	10.67	b
201554SS005	4.12	b	59.57	c	19.10	a	23.35	a	105.96	b	10.31	b
201554SS002	3.95	b	60.07	c	17.87	a	23.78	a	107.69	b	9.95	b
CMSXS646	3.10	c	49.14	c	20.03	a	14.43	e	135.74	a	9.86	b
201554SS004	4.59	a	56.43	c	17.85	a	22.54	a	109.39	b	9.59	b
201554SS015	3.13	c	55.86	c	16.27	b	13.25	e	105.21	b	9.56	b
201554SS003	4.63	a	65.78	b	17.13	b	21.88	a	108.07	b	9.45	b
201554SS018	3.00	c	54.38	c	15.40	b	12.02	e	114.21	b	8.67	b
201554SS006	4.14	b	49.95	c	18.10	a	23.83	a	107.10	b	8.60	b
201554SS016	3.00	c	47.38	d	16.00	b	12.41	e	117.77	b	8.55	b
201554SS020	3.25	c	42.48	d	19.37	a	13.63	e	141.79	a	8.48	b
201554SS019	2.93	c	46.71	d	15.77	b	13.28	e	102.59	b	7.69	c
201554SS017	3.17	c	38.62	d	14.77	b	13.53	e	93.10	b	6.13	c
201554SS023	3.20	c	31.57	d	16.67	b	12.89	e	116.81	b	5.42	c

As Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na vertical são homogêneas estatisticamente de acordo teste SCOTT & KNOTT (1974).

121, 132, 141 e 135, respectivamente, equivalentes aos observados em cana de açúcar.



Vários trabalhos confirmam a associação entre o PMV e o SST com a produção de etanol (MURRAY et al., 2008; LOMBARDI et al., 2015). O THB é um índice que combina o PMV e o SST, sendo um importante caracter para seleção de genótipos superiores de sorgo sacarino. Considerando esta característica, destacaram-se os híbridos SS008, SS007, SS014, SS010, SS013, SS009, SS012, SS001 e SS011. Considerando todos os caracteres, vale destacar o híbrido SS014, por apresentar alto porte, PMV, SST, ATR e TBH, ou seja, caracteres desejáveis, visando à produção de etanol.

CONCLUSÕES

Foi possível identificar híbridos de sorgo sacarino com desempenho agroindustrial superior a variedade, destacando-se os híbridos SS008, SS007, SS014 e SS010, com alto potencial para a produção de etanol.

LITERATURA CITADA

- AMARAL, F. C.S.; TAVARES, S.R.L.; **Diferença do Teor de Fibra da Cana-de- Açúcar para Fins Energéticos Motivada pelo Bioma**. Embrapa Solos, Documento 159, ISSN 1517-2627, Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- BUNPHAN, D. et al. **Heterosis and Combining Ability of F1 Hybrid Sweet Sorghum in Thailand**. Crop Science, v. 55, p. 178-187, 2015.
- CONAB (2016). **Acompanhamento de safra brasileira: 1º levantamento cana de açúcar**. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, DF, v.3, p.1-61. 2016.
- CONSECANA. CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo: Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba, 2006. 54 p.
- DURAES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 77 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo.Documentos, 138).
- FERREIRA, D. F. **Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância)**. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., 2000, São Carlos. Anais...São Carlos:UFSCar, 2000. p. 255-258.
- FIGUEIREDO, U. J. de; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, E. D.; SILVA, A. R. da; EMYGDIO, B. M.; MACHADO, J. R. A.; TARDIN, F. D. **Adaptability and stability of genotypes of sweet sorghum by GGEbiplot and Toler methods**. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 11211-11221, 2015.
- LOMBARDI, G. M. R.; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. C.; TEIXEIRA, D. H. L.; BRUZI, A. T.; DURÃES, N. N. L.; FAGUNDES, T. G. **Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum**. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 14, n. 4, p. 16392-16402, 2015.
- MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; DAMASCENO, C. M. B.; SIMEONE, M. L. F. **Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 14-20, jan./fev. 2014.
- MURRAY, S. C., SHARM, A., ROONEY, W. L.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E., MITCHELL, S. E., ; KRESOVICH, S. **Genetic Improvement of Sorghum as a Biofuel Feedstock: I. QTL for Stem Sugar and Grain Nonstructural Carbohydrates**. Crop Sci. 48:2165–2179 (2008). doi: 10.2135/cropsci2008.01.0016



PFEIFFER, T.W ;J. BITZER, M.J ;TOY, J.J; PEDERSEN.J.F. **Heterosis in Sweet Sorghum and Selection of a New Sweet Sorghum Hybrid for Use in Syrup Production in Appalachia.** Crop Science, v. 50, september-october ,2010.

SCOTT, A.; KNOTT, M. **Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance.** Biometrics, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SOUZA, V. F. DE; PARRELLA, R. A. DA C.; TARDIN, F. D.; COSTA, M. R.; CARVALHO JUNIOR, G. A. DE; SCHAFFERT, R. E. **Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, Londrina, v. 13, p. 144-151, 2013.