

**Avaliação de Genótipos de Sorgo Sacarino
(*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina,
Distrito Federal, Safra 2013–2014**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
349**

**Avaliação de Genótipos de Sorgo Sacarino
(*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina,
Distrito Federal, Safra 2013-2014**

*José de Ribamar Nazareno dos Anjos
Juaci Vitória Malaquias
Rafael Augusto da Costa Parrella*

**Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2019**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2019/bolpd/bolpd_349.shtml

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-Executiva
Marina de Fátima Vilela

Secretárias
Maria Edilva Nogueira,
Alessandra S. Gelape Faleiro

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Wellington Cavalcanti

Foto da capa
José de Ribamar Nazareno dos Anjos

1ª edição
1ª impressão (2019): tiragem

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

A599e Anjos, José de Ribamar Nazareno dos.

Avaliação de Genótipos de Sorgo Sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina, Distrito Federal, Safra 2013-2014 / José de Ribamar Nazareno dos Anjos, Juaci Vitória Malaquias, Rafael Augusto da Costa Parrella. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2019.

16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 349).

1. Sorgo açucareiro. 2. Etanol. 3. Cerrado. 4. Cultivo. I. Malaquias, Juaci Vitória. II. Parrella, Rafael Augusto da Costa. III. Título. IV. Série.

633.62 CDD-21

Sumário

Introdução.....7

Material e Métodos8

Resultados e Discussão10

Conclusão.....15

Agradecimentos.....15

Referências15

Avaliação de Genótipos de Sorgo Sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina, Distrito Federal, Safra 2013-2014

José de Ribamar Nazareno dos Anjos¹

Juaci Vitória Malaquias²

Rafael Augusto da Costa Parrella³

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação e o potencial de produção de biomassa, açúcares e etanol de 16 genótipos de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, na safra 2013/2014, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, com delineamento experimental em látice triplo (4 x 4). Foram avaliados os parâmetros florescimento, altura das plantas, peso de massa verde (PMV), rendimento de colmo (RCOLMO), extração de caldo (EXT), sólidos solúveis totais (SST), porcentagem aparente de sacarose (POL), pureza (PUR), fibra (FIB), AR (açúcares redutores), ART (açúcares redutores totais), ATR (açúcares totais recuperáveis), rendimento de etanol hidratado (EH, L de etanol t⁻¹ de colmo) e produção de etanol hidratado (ETH, L ha⁻¹). A verificação estatística da significância dos tratamentos foi feita com base em análise de variância (ANOVA). Para a comparação das médias foi utilizado o teste de Scott-Knott, no nível de probabilidade de 5%. Observou-se diferença significativa (P<0,05) entre os genótipos para as características avaliadas. Para EH, as médias de BRS 508 e BRS 511, respectivamente com 60,65 L e 58,97 L de etanol t⁻¹ colmo, superaram as dos demais genótipos. As maiores médias de ETH, entre os 16 genótipos avaliados, respectivamente com valores de 3.986,29 L ha⁻¹; 3.722,15 L ha⁻¹; 3.426,70 L ha⁻¹; 3.355,14 L ha⁻¹; 3.219,27 L ha⁻¹ e 3.100,76 L ha⁻¹ foram apresentadas por BRS 511, BRS 506, BRS 508, CMSXS643, CMSXS630 e CMSXS646, destacando-se como fontes potenciais de matéria-prima para produção de etanol.

Termos para indexação: rendimento de etanol, rendimento de colmo, características tecnológicas do sorgo sacarino.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

² Estatístico, mestre em Ciências de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Evaluation of Sorghum Genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Planaltina, Distrito Federal, Brazil, Season 2013-2014

Abstract – With the purpose of identifying sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes that produce high biomass as well as suited for ethanol production, under the edaphoclimatic conditions of the Federal District, Brazil, sixteen sweet sorghum genotypes were evaluated. The experiment was conducted in the 2013/2014 season at Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brazil, in a Clayey Oxisol (Dystrophic Red Latosol), with a triple lattice design (4 x 4). The traits plant height, fresh biomass yield (PMV), days of flowering, juice extraction, total soluble solids (SST), sucrose content of the juice (POL), purity, fiber, reducing sugars (AR), total reducing sugars (ART), total recoverable sugars (ATR), hydrous ethanol yield (EH, L of ethanol t^{-1} stem) and hydrous ethanol production (ETH, $L\ ha^{-1}$) were evaluated. The statistical evaluation of the significance of the trial was done by analysis of variance (ANOVA). For the comparison of the means, the Scott-Knott test was performed at 5% probability. ANOVA has indicated significant differences ($P < 0.05$) among the genotypes for all agronomic and quality traits under study. Regarding the EH characteristic, the means of BRS 508 and BRS 511, respectively with 60,65 $L\ t^{-1}$ and 58,97 $L\ t^{-1}$ were higher than those of the other genotypes. The highest averages for ETH, among the 16 sorghum genotypes evaluated, respectively with values of 3,986.29 $L\ ha^{-1}$; 3,722.15 $L\ ha^{-1}$; 3,426.70 $L\ ha^{-1}$; 3,355.14 $L\ ha^{-1}$; 3,219.27 $L\ ha^{-1}$ and 3,100.76 $L\ ha^{-1}$ were showed by BRS 511, BRS 506, BRS 508, CMSXS643, CMSXS630 and CMSXS646. Thus, these genotypes were the most suitable for bio ethanol production.

Index terms: ethanol yield, stem yield, sweet sorghum quality traits.

Introdução

O bioetanol contribui com cerca de 3% do total de combustíveis utilizados mundialmente no segmento de transporte rodoviário e há expectativa de que, em 2050, contribua com 9% (Messing; Calviño, 2012). Ademais, com a crescente preocupação da comunidade internacional com a poluição ambiental causada pelos combustíveis fósseis (Ratnavathi et al, 2011) e com a finitude de seu fornecimento, haja vista o crescente aumento de consumo, os biocombustíveis tornam-se alternativas viáveis aos derivados de petróleo (Prasad et al., 2007).

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma gramínea anual (*Poaceae*), que, devido à habilidade de armazenar açúcares no colmo (semelhante à cana-de-açúcar) e de produzir grãos (semelhante ao sorgo grânifero), é amplamente reconhecido como cultura viável para a produção de alimentos e bioetanol (Rao et al., 2008; Qazi et al., 2012; Eggleston et al., 2013; Madhavalatha, et al., 2017). Essa cultura, entre outras, tem as seguintes vantagens como fonte alternativa para a produção de bioetanol (Kim; Day, 2010; Oyier, 2017): cultura multipropósito, produzindo grãos para alimentação (humana e animal) e biomassa para produção de etanol; bem adaptada a quase todas as condições de clima temperado e tropical (Kim et al., 2012); ciclo curto (aproximadamente 120 dias); totalmente mecanizável (plantio por sementes, colheita mecanizada); colmos suculentos e ricos em açúcares diretamente fermentescíveis (sacarose, glucose e frutose, principalmente) pelo fungo *Saccharomyces cerevisiae* para produção de etanol (Souza et al., 2013; Nghiem et al., 2016), o que permite sua colheita e processamento com a mesma infraestrutura de produção de etanol de cana-de-açúcar; pode produzir 60 t de colmos por hectare ou mais, dependendo da cultivar; o bagaço pode ser utilizado como fonte de energia para a industrialização, para a geração de eletricidade ou como forragem para alimentação de animais; a época de colheita ideal ocorre na entressafra da cana-de-açúcar (May et al., 2012a). Nessa fase, que no Sudeste e no Centro-Oeste do Brasil ocorre do final de novembro ao final de março, a suplementação de sorgo sacarino ou

outra matéria-prima para a produção de etanol contribui para a otimização de uso da infraestrutura das usinas (Hana et al., 2012).

Embora já existam tecnologias para cultivo de sorgo sacarino no Brasil, a disponibilidade de cultivares adaptadas às diferentes condições agroclimáticas do Cerrado é limitada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação e o potencial de produção de biomassa, açúcares e etanol de genótipos de sorgo sacarino nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal.

Material e Métodos

Um experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, coordenadas geográficas S15°36.194' e W047°43.048', altitude de 1.017 m. O plantio foi realizado em 18/11/2013, constituindo-se de 16 genótipos do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo (EMS), com delineamento experimental em látice triplo (três repetições) (4 x 4). As parcelas foram constituídas de quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,70 m tendo sido realizado desbaste manual 22 dias após o plantio, deixando-se 10 plantas por metro linear, ou seja, a população foi de 142.853 plantas por hectare. Em conformidade com a análise de solo, a adubação de plantio foi de 600 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20 + Zn a lanço e, logo em seguida, 100 kg ha⁻¹ de KCl também a lanço, incorporados com grade niveladora. A adubação de cobertura foi efetuada com 77 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, 30 dias após o plantio.

As avaliações foram conduzidas nas duas linhas centrais das parcelas, desconsiderando-se um metro nas extremidades, assim a área útil foi de 4,2 m². Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: florescimento (FLOR, número de dias decorridos a partir da data de plantio até a emissão de flores em 50% das plantas da parcela experimental); altura das plantas (AP, medida em m, quando 100% estavam em florescimento); peso de massa verde: colmos e folhas (PMV, t ha⁻¹, determinado pela extrapolação da

pesagem de 60 plantas sem panículas por parcela, colhidas quando os grãos estavam no estágio duro/farináceo) e rendimento de colmo (RCOLMO, t ha⁻¹).

Para avaliação dos caracteres industriais dos genótipos, foram escolhidos ao acaso seis colmos, que foram triturados em desintegrador IRBI DM-540, de cuja massa foram retiradas 500 g para extração do caldo em uma prensa hidráulica Hidrasem modelo PHS 250 com pressão de 250 kgf por cm² sobre a amostra, durante 1 minuto. O teor de sólidos solúveis totais (SST, percentagem de sólidos solúveis totais no caldo, expressa em °Brix) foi determinado em um refratômetro digital ATAGO RX e a leitura sacarimétrica foi obtida em um sacarímetro digital Schmidt + Haensch Polatronic NHZ, usando-se caldo clarificado. As variáveis POL (percentagem de sacarose aparente), pureza (PUR, percentagem de sacarose nos sólidos solúveis totais), AR (percentagem de açúcares redutores), fibra (%), ART (percentagem de açúcares redutores totais) e ATR (açúcares totais recuperáveis, kg t⁻¹ colmo) foram determinadas com a utilização de uma planilha de modelos para cálculos de qualidade de cana-de-açúcar, obedecendo à metodologia proposta pelo Consecana-SP (2006). A extração de caldo (EXT) expressa a percentagem de caldo extraído de 500 g de colmos desintegrados. O rendimento de etanol hidratado (EH, L de etanol t⁻¹ de colmo sem folhas) foi estimado assumindo-se que 1 L de etanol hidratado corresponde a 1,6913 kg de ATR (CONSECANA, 2006) e a produção de etanol hidratado (ETH, L ha⁻¹) corresponde ao produto de EH pelo rendimento de colmo (RCOLMO, t ha⁻¹).

As variáveis em análise foram avaliadas no delineamento experimental látice triplo 4 x 4, com 4 blocos dentro de cada repetição. Foram avaliados 16 genótipos, incluindo 10 variedades desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (BRS 511, BRS 508, BRS 509, BRS 506, CMSXS629, CMSXS647, CMSXS646, CMSXS644, CMSXS630 e CMSXS643) e 6 híbridos comerciais desenvolvidos pela Advanta (V82391, V82392, V82393 e Sugargraze) e pela Monsanato (CV 198 e CV 568). As análises de variância seguiram o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela do tratamento i , do bloco k , dentro da repetição j .

μ : efeito fixo da média geral.

t_i : efeito aleatório do tratamento i .

r_j : efeito aleatório da repetição j .

e_{ijk} : efeito aleatório do erro experimental.

A verificação estatística da significância dos tratamentos foi feita pela Análise de Variância (ANOVA). Foram verificados os pressupostos de normalidade dos resíduos e a homogeneidade da variância. Para a comparação das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott (Scott; Knott, 1974), no nível de probabilidade de 5%. As análises foram realizadas pelo software estatístico SAS versão 9.1.2 e com auxílio do programa R, versão 3.4.3.

Durante o ciclo das plantas foram efetuadas quatro irrigações suplementares. O controle de plantas daninhas foi efetuado com aplicação de Atrazina 50 SC (500 g/L de atrazina) com a dose de 1,5 L de ingrediente ativo ha⁻¹ e complementado com capinas manuais. O controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi feito com Lorsban® 480 BR (480 g/L de clorpirifós) com a dose de 1,5 L ha⁻¹ do produto comercial.

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância e o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), houve diferenças significativas entre os genótipos avaliados, tanto para as características agrônômicas: FLOR, AP, PMV e RCOLMO (Tabela 1), quanto para as características tecnológicas: EXT, SST, POL, PUR, ART, ATR. EH e ETH (Tabela 2), o que demonstra a diversidade genética entre os genótipos quanto a essas características.

Tabela 1. Valores médios de 16 genótipos de sorgo sacarino para os caracteres agrônômicos florescimento (FLOR, dias), altura de plantas (AP, m), produção de massa verde (PMV, t ha⁻¹) rendimento de colmo (RCOLMO, t ha⁻¹) avaliados em Planaltina, DF, 2014.

Genótipo	FLOR (d)	AP (m)	PMV (t ha ⁻¹)	RCOLMO (t ha ⁻¹)
BRS 511	78 e	2,97 c	76,19 a	67,48 a
CV 198	71 h	3,12 b	58,49 c	51,88 c
V82393	71 h	3,01 c	58,41 c	51,04 c
V82392	71 h	2,95 c	52,77 d	46,25 d
CMSXS629	82 c	2,89 d	62,06 c	55,65 b
CMSXS647	77 f	2,91 d	66,90 b	59,71 b
CMSXS646	77 f	3,17 b	66,74 b	58,38 b
CMSXS644	82 c	3,12 b	66,03 b	58,13 b
CMSXS630	83 b	3,09 b	65,55 b	57,56 b
BRS 509	83 b	3,04 c	58,81 c	52,02 c
CMSXS643	85 a	3,08 b	68,88 b	60,28 b
V82391	74 g	2,80 d	51,50 d	45,03 d
BRS 508	81 d	3,32 a	64,99 b	56,46 b
BRS 506	83 b	2,99 c	75,08 a	66,17 a
Sugargraze	77 f	2,88 d	68,17 b	59,72 b
CV 568	74 g	3,25 a	72,86 a	62,96 a
CV (%)	0,19%	2,13%	11,2%	11,2%

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Snott ($P < 0,05$).

Tabela 2. Valores médios de 16 genótipos de sorgo sacarino para os caracteres tecnológicos extração de caldo (EXT, %), teor de sólidos solúveis (SST, % caldo), sacarose (POL, % caldo), pureza (PUR, %), fibra (FIB, %), açúcares redutores totais (ART, % caldo), açúcares totais recuperáveis (ATR, kg de açúcar t⁻¹ de colmo), etanol hidratado (EH, L t⁻¹ de colmo) e produção de etanol (ETH, L ha⁻¹) avaliados em Planaltina, DF, 2014.

Genótipo	EXT	SST	POL caldo	PUR	FIB	ART caldo	ATR	EH	ETH
BRS 511	71,67 a	14,26 a	11,49 a	80,58 a	11,813 b	12,97 a	99,73 a	58,97 a	3.986,29 a
CV 198	66,67 b	13,39 a	10,18 b	75,94 a	13,280 a	11,75 b	88,07 b	52,07 b	2.716,59 c
V82393	69,00 b	8,58 d	4,25 e	48,98 c	12,346 b	6,44 f	49,07 f	29,01 f	1.494,17 e
V82392	71,00 a	7,62 d	3,12 f	40,65 d	11,280 c	5,53 f	42,88 f	25,35 f	1.170,71 e
CMSXS629	72,33 a	14,45 a	9,84 b	68,09 b	11,813 b	11,67 b	89,72 b	53,04 b	2.950,41 c
CMSXS647	74,33 a	11,33 c	6,31 d	55,57 c	10,346 d	8,38 d	66,04 d	39,04 d	2.331,86 d
CMSXS646	70,33a	14,11 a	9,87 b	69,94 b	11,546 c	11,63 b	89,85 b	53,12 b	3.100,76 c
CMSXS644	70,00 a	12,83 b	8,37 c	65,41 b	12,480 b	10,22 c	77,65 c	45,91 c	2.681,25 c
CMSXS630	71,00 a	14,15 a	10,69 b	75,49 a	11,813 b	12,30 b	94,56 b	55,91 b	3.219,27 c
BRS 509	70,67 a	13,97 a	10,77 b	77,13 a	12,080 b	12,34 b	94,45 b	55,84 b	2.903,41 c
CMSXS643	72,33 a	14,44 a	10,41 b	72,09 b	11,280 c	12,13 b	94,12 b	55,65 b	3.355,14 b
V82391	71,67 a	9,97 c	5,01 d	50,63 c	11,546 c	7,16 e	55,36 e	32,73 e	1.475,41 e
BRS 508	68,67 b	15,02 a	12,11 a	80,58 a	13,013 a	13,63 a	102,59 a	60,65 a	3.426,70 b
BRS 506	70,00 a	13,79 a	10,94 b	79,28 a	12,080 b	12,44 b	95,16 b	56,26 b	3.722,15 a
Sugargraze	74,33 a	12,02 b	5,63 d	47,74 c	10,613 d	7,93 d	62,26 d	36,82 d	2.197,26 d
CV 568	65,33 b	12,26 b	8,08 c	66,19 b	12,080 b	9,90 c	75,61 c	44,71 c	2.812,52 c
CV (%)	3,4%	17,6%	33,1%	19,9%	6,5%	24,4%	23,9%	23,9%	29,8%

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Snott ($P < 0,05$).

Caracteres agronômicos

Com base no teste de médias, constatou-se que os genótipos CV 198, V82393 e V82392 foram os mais precoces, com intervalo de 71 dias entre o plantio e o florescimento (FLOR), e uma diferença de 14 dias para o genótipo CMSXS643, a mais tardia, com florescimento aos 85 dias após o plantio. Para esse caráter, os genótipos ficaram separados em oito grupos pelo teste de Scott-Knott (Tabela 1). A altura das plantas (AP) variou de 2,80 m a 3,32 m, sendo BRS 508 e CV 568 as mais altas, com 3,32 m e 3,25 m, respectivamente (Tabela 1). As médias de PMV variaram de 76,19 t ha⁻¹ a 51,50 t ha⁻¹, respectivamente para BRS 511 e V82391. Os rendimentos de colmo observados para BRS 511, BRS 506, CV 568 e CMSXS643 (Tabela 1) estão em consonância com as metas estabelecidas pelo programa de melhoramento de sorgo (PMS) da Embrapa Milho e Sorgo, que pressupõem produção acima de 60 t ha⁻¹ de colmo (May, et al., 2012a). A elevada produtividade de biomassa dos genótipos de sorgo sacarino é um fator preponderante para a produção de etanol por hectare, tendo em vista que os açúcares diretamente fermentescíveis são inteiramente extraídos da biomassa (Murray, et al., 2009; Souza et al., 2016). Vale ressaltar que não foram consideradas perdas durante a colheita.

Caracteres tecnológicos

Os resultados para extração de caldo evidenciaram a separação dos genótipos em dois grupos com variação das médias entre 74,33% e 65,33% (Tabela 2). Quanto ao SST, os teores médios variaram entre 15,02%, para BRS 508 a 7,62%, para V82392, ficando os genótipos agrupados em quatro grupos (Tabela 2). Esses resultados são inferiores aos obtidos por Moura et al. (2014), para os mesmos genótipos, contudo BRS 508 ultrapassou a meta de qualidade mínima estabelecida pelo PMS da EMS, que é de 14,5 °Brix (May et al., 2012a). Ademais, CMSXS646, CMSXS630, BRS 511 e CMSXS643, respectivamente, com 14,11; 14,15, 14,26 e 14,44 °Brix atingiram valores próximos ao mínimo estabelecido.

Para a variável POL do caldo, os genótipos BRS 508 e BRS 511, respectivamente com teores 12,10% e 11,49%, mostraram superioridade, enquanto a menor média foi observada para o genótipo V82392, com 3,12% (Tabela 2).

Para o caráter PUR foi observada a formação de cinco grupos, com variação de médias entre 80,58% (BRS 511) e 40,65% (V82392), sendo os genótipos BRS 511, CV198, CMSXS630, BRS 509, BRS 508 e BRS 506 significativamente superiores aos demais (Tabela 2). No presente trabalho, os valores apresentados pelos genótipos BRS 511, BRS 508, CMSXS643, CMSXS646, CMSXS647 e CV 198 foram superiores aos observados por Rocha (2016) cujo teor máximo observado foi de 58,69% para o genótipo BRS 508. Quanto à FIB, os teores variaram de 13,28% a 10,35%, respectivamente para CV198 e CMSXS647, ficando separados em quatro grupos distintos (Tabela 2).

Para o caráter ART, as médias dos genótipos variaram entre 5,53% e 13,63%, observando-se uma separação em seis grupos. BRS 508 e BRS 511, respectivamente com teores de 13,63% e 12,97%, mostraram-se superiores aos demais e ultrapassaram o valor mínimo desejável de ART de 12,5% (Tabela 2) (Rocha, 2016; May et al., 2012b).

Com relação ao caráter ATR, os teores variaram de 102,59 kg t⁻¹ a 42,88 kg t⁻¹, sendo BRS 508 e BRS 511, respectivamente com 102,59 kg t⁻¹ e 99,73 kg t⁻¹, as médias mais elevadas sem diferirem significativamente entre si (Tabela 2). Assim, os teores de ATR desses genótipos atendem à meta de 100-120 proposta para o programa de melhoramento de sorgo sacarino da Embrapa Milho e Sorgo (Schaffert et al., 2011).

Quanto ao EH, as médias variaram de 25,35 L de etanol t⁻¹ a 60,65 L de etanol t⁻¹, respectivamente para BRS 508 e V82392, ficando os genótipos separados em seis grupos (Tabela 2). Assim, BRS 508 e BRS 511 mostraram-se significativamente superiores aos demais genótipos. No entanto, os sete que constituíram o segundo grupo apresentaram médias acima de 50 L de etanol t⁻¹ de colmo (Tabela 2). Para a característica ETH, as médias variaram de 3.986,29 L ha⁻¹ a 1.170,71 L ha⁻¹, correspondentes respectivamente a BRS 511 e V82393, ficando os genótipos separados em 5 grupos, sendo o primeiro constituído por BRS 511 e BRS 506, que não diferiram significativamente entre si (Tabela 2). Dos 16 avaliados, além de BRS 511 e BRS 506, outros quatro ultrapassaram 3 mil litros por hectare: BRS 508, CMSXS643, CMSXS630 e CMSXS646 (Tabela 2), esse nível de produção de etanol, segundo May et al. (2012b), preenche um dos requisitos mínimos para a utilização de uma cultivar de sorgo sacarino para produção de etanol.

Conclusão

Considerando a associação dos rendimentos de colmo com as características tecnológicas extração de caldo, sólidos solúveis totais, porcentagem aparente de sacarose no caldo, pureza, açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis, EH e ETH, os genótipos BRS 511, BRS 506, BRS 508, CMSXS643, CMSXS630 e CMSXS646 destacaram-se como fontes potenciais de matéria-prima para produção de etanol nas condições agroclimáticas do Distrito Federal.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Usina Jalles Machado S/A, Goianésia, Go, pelo apoio na execução das análises tecnológicas dos genótipos de sorgo sacarino em seu laboratório industrial; aos pesquisadores da Embrapa Cerrados, Thomaz Adolpho Rein e Marcos Aurélio Carolino de Sá, pela revisão crítica do manuscrito; ao assistente de pesquisa da Embrapa Cerrados, Antonio Reinaldo da Cunha, pela inestimável contribuição na condução dos experimentos.

Referências

CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2006. 116 p.

EGGLESTON, G.; COLE, M.; ANDRZEJEWSKI. New commercially viable Processing Technologies for the Production of Sugar Feedstocks from Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) for Manufacture of Biofuels and Bioproducts. **Sugar Technology**, v. 15, n. 3, p. 232-249, 2013.

HANA, K. J.; ALISON, M. W.; PITMAN, W. D.; DAY, D. F.; KIM, M.; MADSEN, L. Planting Date and Harvest Impact on Biofuel Feedstock Productivity and Quality of Sweet Sorghum Grown under Temperate Louisiana Conditions. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 6, p. 1618-1624, 2012.

KIM, M.; DAY, D. F. Composition of sugarcane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 38, p. 803-807, 2011.

KIM, M.; HAN, K. J.; JEONG, Y.; DAY, D. F. Utilization of Whole Sweet Sorghum Containing Juice, Leaves, and Bagasse for Bio-ethanol Production. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 4, p. 1075-1080, 2012.

MADHAVILATHA, L.; RAO, M. S.; MADHURI, K. V. Evaluation of improved sweet sorghum genotypes for yield and juice quality traits. **International Journal of Clinical and Biological Sciences**, v. 2, n. 1, p. 50-54, 2017.

MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012a. 120 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MAY, A.; MANTOVANI, E. C.; DURÃES, F. O. M.; VASCONCELLOS, J. H.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PARENTONI, S. N. **Seminário temático agroindustrial de produção de sorgo sacarino para bioetanol-Anais**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012b. 68 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 145).

MESSING, J.; CALVIÑO, M. Sweet sorghum as model system for bioenergy crops. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, n. 3, p. 323-329, 2012.

MOURA, M. M.; PARRELLA, R. A. C.; PORTUGAL, A. F.; LOMBARDI, G. M. R.; LINHARES, D. C.; SILVA, M. J.; SANTOS, C. V.; LOMBARDI, N. M. R. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino no Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 9., 2014. **Anais...** São Paulo, 2014.

MURRAY, S. C.; ROONEY, W. L.; HAMBLIN, M. T.; MITCHELL, S. E.; KRESOVICH, S. Sweet sorghum genetic diversity and association mapping for Brix and height. **The Plant Genome**, v. 2, n. 1, p. 48-62, 2009.

NGHIEM, N. P.; MONTANTI, J.; JOHNSTON, D. B. Sorghum as a renewable feedstock for production of fuels and industrial chemicals. **AIMS Bioengineering**, v. 3, n. 1, p. 75-91, 2016.

OYIER, M. O.; OWUOCHE, J. O.; OYOO, M. E.; CHERUIYOT, E.; MULIANGA, B.; RONO, J. Effect of Harvesting Stage on Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes in Western Kenya. **The Scientific World Journal**, v. 2017, article ID 8249532.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JAIN, N.; JOSHI, H. C. Ethanol Production from Sweet sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. **Energy & Fuels**, v. 21, n. 4, p. 2415-2420, 2007.

QAZI, H. A.; PARANJBE, S.; BHARGAVA, S. Stem sugar accumulation in sweet sorghum- Activity and expression of sucrose metabolizing enzymes and sucrose transporters. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 6, p. 605-613, 2012.

RAO, S. S.; SEETHARAMA, N.; RATNAVATHI, C. V.; DAYAKAR, R. B.; UMAKANTH, A. V. Utilizing sweet sorghum as an alternative energy crop for bioethanol production: agrotechnology and pre-commercialization in liaison agroindustries. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 5, p. 46-47, 2008.

RATNAVATHI, C. V.; CHAKRAVARTHY, S. K.; KOMALA, V. V.; CHAVAN, U. D.; PATIL, J. V. Sweet sorghum as feedstock for biofuel production: a Review. **Sugar Technology**, v. 13, n. 4, p. 399-407, 2011.

ROCHA, M. J. **Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo sacarino**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado)- UFLA, Lavras, 2016p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C.; MAY, A.; DURÃES, F. O. M. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, v. 2, n. 3, p. 47, ago. 2011.

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

SOUZA, R. T. S.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. P.; PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. p. 46-56, 2016.



Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL