

com ela em áreas de reforma de canaviais, a demanda por sementes tende a crescer, contudo, a oferta do produto ainda é baixa. Atualmente, as companhias de sementes disponibilizam alguns híbridos, mas com qualidade ainda inferior (baixo nível de açúcares fermentáveis). As melhores variedades de sorgo sacarino da Embrapa são superiores em qualidade a esses híbridos, mas, devido ao porte alto, a colheita mecânica de sementes delas é dificultada. Dessa forma, pesquisas devem também ser desenvolvidas em sistemas de produção de sementes de sorgo sacarino, visando atender a crescente demanda do setor produtivo de forma competitiva e eficiente.

Assim, a Embrapa Milho e Sorgo tem dedicado esforços para solucionar problemas fitotécnicos importantes para o cultivo do sorgo sacarino e, para tanto, compôs esse documento, que retratará aspectos como: regiões potencialmente aptas para o cultivo, características desejáveis para uma boa cultivar, manejo cultural da lavoura, mecanização, controle fitossanitário e custo de produção em diferentes níveis de produtividade de colmos, entre outros aspectos, subsidiando a tomada de decisão dos interessados em cultivar a espécie no Brasil.

Cultivares

Rafael Augusto da Costa Parrella
Robert Eugene Schaffert

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] vem se destacando como uma cultura bastante promissora para produção de etanol, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial, por apresentar colmos suculentos com altos teores de açúcares fermentáveis.

A produtividade de etanol das cultivares de sorgo sacarino está associada a suas características agroindustriais como rendimento de colmos por hectares, umidade da biomassa, Brix no caldo, percentagens de extração de caldo, fibra dos colmos, POL do caldo, pureza, açúcares redutores, açúcares redutores totais e açúcares

totais recuperáveis, expressos em kg t^{-1} de biomassa, as quais irão refletir em litros de etanol por tonelada de colmos (PARRELLA, 2011). Outros resultados de pesquisas também evidenciam que a produtividade de colmos das cultivares é uma característica fortemente associada à produtividade de etanol por hectare (SOUZA et al., 2012; MURRAY et al., 2008; RITTER et al., 2008), pois o caldo rico em açúcares fermentescíveis é extraído em sua totalidade dos colmos. Assim, quanto maior o rendimento de colmos maior será a produtividade de caldo por hectare e por consequência maior será o volume de etanol. É necessário que o maior volume de caldo tenha altos teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e maiores teores de açúcares totais (MURRAY et al., 2008; RITTER et al., 2008), que são utilizados como alimentos das leveduras na produção de etanol, sendo desejáveis em maior grau possível.

Por outro lado, os grãos do sorgo sacarino drenam parte da produção de fotoassimilados, que seriam carreados para os colmos, para que houvesse uma maior produção de sólidos solúveis totais e maiores teores de açúcares totais. Além disso, as cultivares de sorgo sacarino são de porte alto ($> 3,0 \text{ m}$) e o excesso de grãos nas panículas, no ápice das plantas, tende a favorecer o acamamento, que é indesejável por reduzir a qualidade da matéria-prima devido ao maior teor de impurezas na colheita das plantas acamadas.

Na Tabela 1, estão apresentadas as médias para florescimento, em dias; a altura de plantas, em m; o acamamento, em % a produção de massa verde em t ha^{-1} ; o peso de panículas, em t ha^{-1} ; os sólidos solúveis totais, em graus Brix; e a produção de sólidos solúveis totais, em t ha^{-1} , obtidas a partir da avaliação de 13 cultivares de sorgo sacarino.

Tabela 1. Valores médios para florescimento (Flor); altura de plantas (AP); acamamento (Acam); produção de massa verde (PMV), em t ha^{-1} ; peso de panículas (PP), em t ha^{-1} ; sólidos solúveis totais (SST), em graus Brix; e produção de sólidos solúveis totais (PSST), em t ha^{-1} , obtidos a partir da avaliação de 13 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Nova Porteirinha-MG, na safra agrícola 2011/2012.

Cultivares	Flor (dias)	AP (m)	Acam (%)	PMV (t ha ⁻¹)	PP (t ha ⁻¹)	SST (°Brix)	PSST (t ha ⁻¹)
BRS 511	67	2,80	0	47,71	3,25	18,47	4,40
BRS 509	72	2,70	3	46,28	2,51	18,43	4,28
BRS 508	70	2,87	9	36,57	2,14	21,03	3,84
BRS 506	71	2,65	8	40,57	3,24	13,27	2,69
BRS 505	66	2,82	14	40,86	2,67	17,87	3,67
BRS501	80	2,60	1	47,81	5,55	13,90	3,32
BRS 601	72	2,60	54	36,76	7,49	6,20	1,16
Híbrido A	68	2,68	12	46,38	6,77	12,97	3,01
Híbrido B	73	2,72	29	37,81	6,11	12,23	2,29
Híbrido C	68	2,95	56	40,14	7,33	10,00	2,03
Híbrido D	64	2,65	76	32,29	7,98	11,43	1,91
Híbrido E	67	2,67	79	31,72	6,44	11,23	1,79
Híbrido F	63	2,60	74	29,81	8,48	10,53	1,63
Média	69	2,74	20	43,03	4,51	14,63	3,20

* Médias seguidas da mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observa-se variação de 63 a 80 dias para florescimento; de 2,60 a 2,95 metros para altura de planta; de 0 a 79% para acamamento; de 29,81 a 47,71 t ha⁻¹ para produção de biomassa verde; de 2,14 a 8,48 t ha⁻¹ para peso de panículas; de 6,20 a 21,03 °Brix para sólidos solúveis totais no caldo e de 1,16 a 4,40 t ha⁻¹ para produção de sólidos solúveis totais (Tabela 1).

Os híbridos avaliados, em geral, apresentaram baixa produtividade de colmos, alta produtividade de grãos, baixo °Brix e maiores porcentagens de acamamento. Já as variedades apresentaram maiores produtividades de biomassa, baixa produtividade de grãos, alto °Brix e baixas porcentagens de acamamento, o que é muito desejável pelo produtor e pela indústria sucroalcooleira. Estes resultados confirmam a superioridade das variedades para a produção de etanol.

Outra característica importante é o Período de Utilização Industrial (PUI) necessário para o planejamento de colheita e o processamento da matéria-prima, que deve ser o maior possível e ter mínimo de 30 dias. O PUI compreende o período em que a cultivar estará apta para colheita no campo, mantendo os padrões mínimos de rendimento estabelecidos, que viabilizem o cultivo. As metas estabelecidas pelo programa de melhoramento de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo pressupõem que as cultivares tenham uma produtividade mínima de colmos de 60 t ha⁻¹; uma extração mínima de açúcar total de 100 kg t⁻¹ de biomassa (considerando a eficiência de extração de 90-95%); um conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; uma produção mínima de álcool de 60 L t⁻¹ de biomassa; um período de utilização industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 80 kg t⁻¹ de biomassa.

A Figura 1 apresenta a curva de extração de caldo, em porcentagem, de cinco cultivares de sorgo sacarino em diferentes períodos após o plantio. As avaliações foram feitas a cada 7 dias a partir dos 87 dias após o plantio (DAP). Observa-se, inicialmente, uma alta extração de caldo, próxima de 70%, com reduções gradativas a cada avaliação, chegando em torno de 55% na última avaliação. Verificam-se diferenças entre cultivares, com a cultivar

BRS 511 apresentando maiores valores (68 a 60%) e a cultivar BRS 508 apresentando menores valores (67 a 52%).

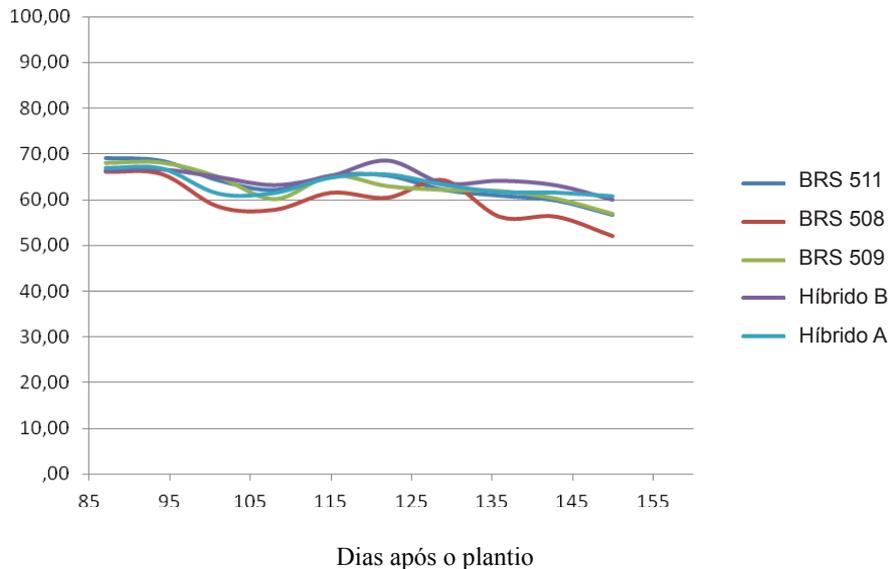


Fig. 1. Porcentagem de caldo extraída dos colmos de 5 cultivares de sorgo sacarino em diferentes períodos após o plantio, avaliadas em Sete Lagoas, na safra agrícola 2011/2012.

A Figura 2 apresenta a curva para porcentagem de sólidos solúveis totais (SST), em graus Brix, a partir de cinco cultivares de sorgo sacarino em diferentes períodos durante o ciclo da cultura. As avaliações foram feitas a cada 7 dias a partir dos 87 dias após o plantio (DAP). Observam-se, inicialmente, baixos valores de °Brix (de 6 a 8), com aumento gradativo a cada avaliação, chegando em torno de 16 a 18 °Brix na última avaliação. Houve também diferenças entre cultivares, com a BRS 511, a BRS 508 e a BRS 509 apresentando maiores valores (16 a 18°Brix) e PUI superior a 30 dias. Contudo, os híbridos avaliados apresentaram menor qualidade, com °Brix de 14 para o híbrido B e 16 para o híbrido A, ou seja, o híbrido B não apresentou qualidade mínima estabelecida (14,5 de °Brix) e o híbrido A apresentou o mínimo estabelecido, mas com PUI inferior a 10 dias.

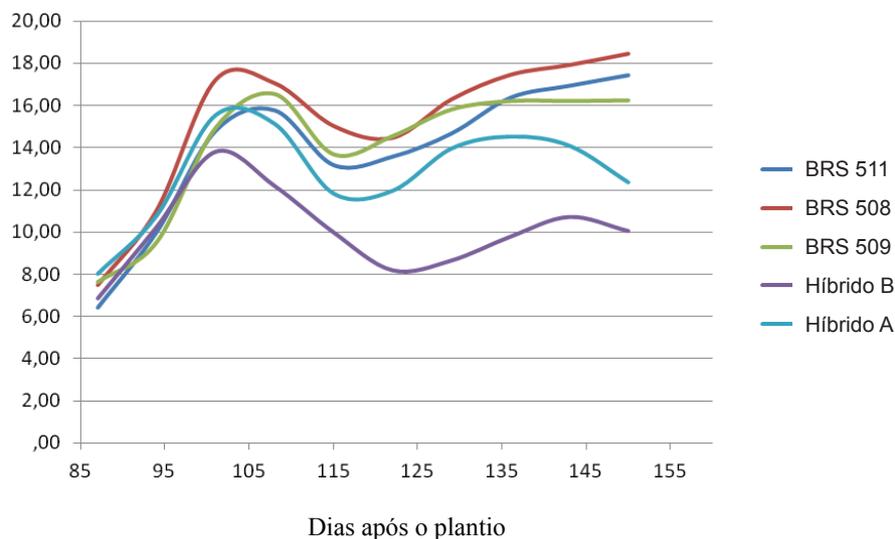


Fig. 2. Porcentagem de sólidos solúveis totais (°Brix) no caldo extraído dos colmos de 5 cultivares de sorgo sacarino em diferentes períodos após o plantio, avaliadas em Sete Lagoas, na safra agrícola 2011/2012.

Estas características estão relacionadas com o teor de açúcar no caldo, o qual se deseja o maior possível, uma vez que os açúcares são utilizados para produção de etanol. Contudo, deve-se associar os maiores valores de °Brix com maior extração de caldo para se obter mais matéria-prima para produção de etanol. Desta forma, conclui-se que o período ideal para colheita das variedades de sorgo sacarino foi dos 100 aos 130 DAP e para os híbridos foi dos 100 aos 110 DAP. O excesso de água da chuva provocou redução no teor de °Brix das cultivares, sendo os híbridos os mais prejudicados. Após cessar o período chuvoso, somente as variedades BRS 511, BRS 508 e BRS 509 voltaram a apresentar os teores de açúcares superiores ao mínimo estabelecido (14,5 °Brix).

Foram estudadas em outro trabalho quatro cultivares de sorgo sacarino desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, no qual foram avaliadas as características de florescimento, altura da planta, peso de massa verde, peso de massa seca, extração de caldo, °Brix e POL

do caldo. Em relação ao florescimento e à altura da planta, as cultivares não mostraram diferenças significativas. No peso de massa verde, as cultivares BRS 511 e BRS 509 foram as mais produtivas, já em relação ao peso de massa seca a cultivar BRS 506 apresentou o menor rendimento, mas no que se refere a extração de caldo, a mesma cultivar apresentou o maior volume. Em relação ao °Brix a cultivar BRS 508, apresentou o maior valor e a BRS 506 não atingiu o valor mínimo estabelecido que de 14,5 nesta avaliação. O Pol apresentou valores semelhantes para as cultivares BRS 511, 508 e 509 e a cultivar BRS 506 o menor valor como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para florescimento, em dias; altura, em m; produção de massa verde, em t ha⁻¹; produção de massa seca, em t ha⁻¹; percentagem de extração de caldo; °Brix no caldo, em °Brix; POL do caldo, em %; avaliados em Sete Lagoas-MG, 2012.

Cultivares	Flor (Dias)	Altura (m)	PMV (t ha ⁻¹)	PMS (t ha ⁻¹)	Extração (%)	Brix (°B)	POL (%)
BRS 511	88,00	a 3,53	a 56,86	a 13,81	a 65,33	b 16,17	b 11,95
BRS 508	90,00	a 3,52	a 47,14	b 13,00	a 58,67	b 17,73	a 12,26
BRS 509	92,00	a 3,47	a 53,05	a 12,96	a 62,00	b 15,60	b 10,04

* Médias seguidas da mesma letra nas colunas são iguais entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade

A Tabela 3 mostra que o teor de pureza das cultivares BRS 511, 508 e 509 apresentaram os mesmos percentuais; já em relação ao açúcar redutor a BRS 506 apresentou o maior valor, o que a diferenciou estatisticamente das demais. No teor de fibra, as cultivares BRS 508 e 509 apresentaram maiores percentagens. No que se refere aos teores de açúcares totais recuperáveis, a BRS 506 teve valores inferiores ao das cultivares BRS 511, 508 e 509, como evidencia a Tabela 3. Em relação aos açúcares redutores totais no caldo, as cultivares BRS 511 e 508 diferenciaram-se da BRS 506, que apresentou o menor índice percentual (9,18%). Referindo-se aos valores de produtividade de etanol em L t⁻¹ de biomassa (etanol 1) e de produtividade de etanol em L ha⁻¹ (etanol 2), as cultivares BRS 511 e BRS 508 apresentaram as maiores

médias. Entretanto, para o etanol 2, a cultivar BRS 509 não se diferenciou das BRS 511 e 508.

Tabela 3. Valores médios em percentagens para Pureza; AR (açúcar redutor); Fibra; ART (açúcares totais recuperáveis), em kg t⁻¹ de biomassa; ARTc (açúcares redutores totais no caldo), em %; Produtividade de Etanol (1), em L t⁻¹; Produção de Etanol (2), em L ha⁻¹, avaliados em Sete Lagoas-MG, 2012.

Cultivares	Pureza (%)	AR (%)	Fibra (%)	ATR (kg t ⁻¹)	ARTc (%)	Etanol 1 (L t ⁻¹)	Etanol 2 (L ha ⁻¹)
BRS 511	73,78 A	1,11 b	11,14 b	106,45 a	13,69 a	75,35 a	4352,51 a
BRS 508	69,06 A	1,27 b	13,02 a	106,72 a	14,17 a	78,02 a	3695,64 a
BRS 509	64,41 A	1,43 b	12,42 a	91,23 a	12,00 b	66,04 b	3506,07 a
BRS 506	54,77 B	1,76 a	10,57 b	72,13 b	9,18 c	50,55 c	2062,35 b

* Médias seguidas da mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em função dos resultados, é possível confirmar o grande potencial do sorgo sacarino como matéria-prima para produção de etanol. Esses resultados apresentaram estimativas de produtividade de álcool equivalentes a 75 litros por tonelada de biomassa e produção de álcool superior 4.325 litros por hectare. Além disso, foi possível constatar a superioridades das novas variedades de sorgo sacarino (BRS 511, BRS 509 e BRS 508) em relação à cultivar BRS 506, variedade lançada no fim da década de 90 para produção de etanol, bem como aos híbridos disponíveis no mercado atualmente.

Uma das limitações das variedades de sorgo sacarino é a produção de sementes, uma vez que as variedades são de porte muito alto (2 a 4 m de altura), o que dificulta o processo de colheita mecanizada, restringindo a obtenção de grandes quantidades de sementes. Este problema da produção de sementes poderá ser amenizado com plantios em épocas do ano com comprimento dia menor que 12 h (outono/inverno) e temperatura noturna superior a 15 °C. Nestas condições a planta tende a reduzir o porte possibilitando uma colheita mecanizada. Outra possibilidade é o uso de redutores de crescimento que tem demonstrando resultados significativos na

diminuição do porte, o que viabilizará em curto prazo, a colheita mecanizada para sementes.

Manejo e tratos culturais

André May
Carlos Juliano Brant Albuquerque
Alexandre Ferreira da Silva
Israel Alexandre Pereira Filho

Implantação da cultura

A implantação do sorgo sacarino é de fácil instalação, pois permite mecanização completa dos processos de cultivo e colheita da cultura. Em sistemas intensivos de cultivo, o sorgo sacarino se destaca por suas características de alta produção e boa qualidade alcançadas nos períodos mais quentes do ano. Entretanto, em relação ao cultivo dessa espécie de sorgo, a literatura é escassa no que se refere ao manejo da cultura, em especial ao espaçamento, à densidade de semeadura, à época de plantio e à profundidade de plantio, tanto em sistema de semeadura convencional quanto direta.

Contudo, para que a cultura expresse todo o seu potencial genético produtivo, são necessárias técnicas de manejos adequadas, para que se tenha um sistema de produção capaz de proporcionar altos rendimentos em diferentes condições e níveis tecnológicos sustentáveis.

Preparo do solo

O solo para o cultivo do sorgo sacarino deve ser bem preparado, tanto convencionalmente quanto para semeio direto, para garantir um bom índice de germinação das sementes e um bom controle das plantas daninhas iniciais.

Quando o sorgo sacarino é cultivado em área de reforma de canaviais, deve-se proceder a eliminação das soqueiras da cultura anterior, por método químico, associando posterior subsolagem (caso haja presença de camada compactada em subsuperfície),