

Influência do Espaçamento Entrelinhas e da População de Plantas no Desempenho Produtivo do Sorgo Sacarino BRS 511



ISSN 1679-0154
Dezembro, 2013

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 89

Influência do Espaçamento Entrelinhas e da População de Plantas no Desempenho Produtivo do Sorgo Sacarino BRS 511

André May
Alexandre Ferreira da Silva
Rafael Augusto da Costa Parrella
Maria Lúcia Ferreira Simeone
Robert Eugene Schaffert
Marina Chamon Abreu
Karina Mendes Bertolino

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro,

Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda

de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Rafael Augusto da Costa Parrella

1ª edição

1ª impressão (2013): on line

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 Milho e Sorgo

Influência do espaçamento entrelinhas e da população de plantas no desempenho produtivo do sorgo sacarino BRS 511 / André May ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

26 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 89).

1. Sorgo açucareiro. 2. Prática cultural. 3. Produtividade. 4. Variedade. I. May, André. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	13
Conclusão	23
Referências	23

Influência do Espaçamento Entrelinhas e da População de Plantas no Desempenho Produtivo do Sorgo Sacarino BRS 511

André May¹

Alexandre Ferreira da Silva²

Rafael Augusto da Costa Parrella³

Maria Lúcia Ferreira Simeone⁴

Robert Eugene Schaffert⁵

Marina Chamon Abreu⁶

Karina Mendes Bertolino⁷

Resumo

O sorgo sacarino surgiu como importante alternativa para a geração de biomassa na produção de etanol. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento entrelinhas e da população de plantas sobre a produção de sorgo sacarino na região central de Minas Gerais. Foi instalado experimento em Sete Lagoas, MG, utilizando a cultivar da Embrapa BRS 511. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 4, sendo 6 espaçamentos entrelinhas (cinco espaçamentos simples de 0,2; 0,5; 0,6; 0,7

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, andre.may@embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador em Manejo Integrado de Plantas Espontâneas da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, alexandre.ferreira@embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br

⁴Química, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal -151, CEP 35701-970 Sete Lagoas - MG. Correio Eletrônico: marialucia.simeone@embrapa.br

⁵Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, robert.schaffert@embrapa.br

⁶Graduanda em Engenharia Agrônômica, UFSJ, São João del Rei, MG, marinachamon@hotmail.com

⁷Graduanda em Engenharia Agrônômica, UFSJ, São João del Rei, MG, karinambertolino@hotmail.com

e 0,8 m entrelinhas e um espaçamento duplo de 1x0,5 m) e 4 populações de plantas (80.000; 100.000; 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹), com 3 repetições. As características avaliadas na colheita foram: altura da planta; número de folhas; diâmetro do colmo; número de afilhos; massas frescas de folhas, colmos e panículas; massas secas de folhas e colmos; massa de caldo, Brix e leitura sacarimétrica. O arranjo de plantas influenciou o crescimento do sorgo sacarino, resultando em maiores produtividades de colmos por área cultivada com menores espaçamentos entrelinhas e maiores populações de plantas, atingindo valores médios de até 202 t ha⁻¹ de colmos, com espaçamento de 0,2 m entrelinhas e 140.000 plantas ha⁻¹, com máximo valor de brix (20,22°) e leitura sacarimétrica média de 55,13°.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; arranjo de plantas; bioenergia; sistemas de produção.

Influence of Spacing Between Lines and of Plant Population in Productive Performance of Sweet Sorghum BRS 511

André May¹

Alexandre Ferreira da Silva²

Rafael Augusto da Costa Parrella³

Maria Lúcia Ferreira Simeone⁴

Robert Eugene Schaffert⁵

Marina Chamon Abreu⁶

Karina Mendes Bertolino⁷

Abstract

Sweet sorghum has emerged as an important alternative for the generation of biomass for ethanol production. This study aimed to evaluate the effect of row spacing and plant population on the production of sweet sorghum in the central region of the state of Minas Gerais (MG), Brazil. Experiment was installed in Sete Lagoas, MG, using the cultivar Embrapa BRS 511. The experimental design was randomized blocks in a factorial 6 x 4, 6 row spacing (5 simple spacings of 0.2, 0.5, 0.6, 0.7 and 0.8 m between rows and dual spacing of 1 x 0.5 m) and 4 plant populations (80,000; 100,000; 120,000 and 140,000 plants ha⁻¹), with 3 replications. The characteristics evaluated at harvest were: plant height, leaf number, stem diameter, number of tillers, green mass of leaves, stems and panicles, dry mass of leaves and stems, mass of juice, brix and saccharimeter reading. The plant arrangement influenced the growth of sweet sorghum, resulting in higher yields of stem per area with smaller row spacings and higher plant populations, reaching values up to 202 t ha⁻¹ of stem, with spacing of 0.2 m between

lines and 140,000 plants ha⁻¹, with a maximum value of Brix (20.22°) and saccharimeter reading average of 55.13°.

Key words: *Sorghum bicolor*; plant arrangement; bioenergy; production systems.

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) destaca-se no cenário nacional como a principal espécie bioenergética, atingindo uma área plantada de aproximadamente 8,5 milhões de hectares, com produção estimada em 23,6 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2013). Mas, em virtude da elevada demanda atual por etanol, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem surgido como importante alternativa para a geração de biomassa para a produção de etanol (ZHAO et al., 2009; RATNAVATHI et al., 2011; ZEGADA-LIZARAZU; MONTI, 2012; HAN et al., 2012), principalmente na entressafra da cana-de-açúcar.

A viabilidade econômica do uso do sorgo sacarino como espécie bioenergética requer grande esforço em gerar informações sobre o manejo cultural da espécie em ambientes tropicais. Comparativamente a outras espécies cultivadas, em grandes áreas comerciais, os estudos com o sorgo sacarino ainda são incipientes, mas já tem gerado informações que denotam o alto potencial desta cultura para uso bionergético.

Cowley e Smith (1972) verificaram que os rendimentos obtidos na cultura do sorgo sacarino são diretamente influenciados pelo comprimento dos dias e pela radiação solar. Os melhores rendimentos em açúcares por área de cultivo estão

estritamente relacionados com dias mais longos e radiação solar máxima. Dessa forma, pode-se aumentar a interceptação da radiação solar através da escolha adequada do arranjo de plantas, alterando o espaçamento entrelinhas e a população de plantas.

O efeito da população de plantas e do espaçamento entrelinhas sobre a produtividade foi verificado por alguns autores (ZEGADA-LIZARAZU; MONTI, 2012; SNIDER et al., 2012). Zhao et al. (2009) que encontraram efeito da cultivar e do ano de plantio na produção de matéria seca e no teor de açúcar dos colmos. Vasilakoglou et al. (2011), verificaram que cultivar, ano e suprimento de água via irrigação influenciaram, entre outros, a produção de matéria fresca, de caldo e Brix de sorgo sacarino. Han et al. (2012) encontraram que densidade de plantas interage com diferentes variáveis ambientais na resposta ao crescimento do sorgo.

Bandeira et al. (2012), estudando a cultivar Fepagro 19, cultivada no Rio Grande do Sul, não verificaram influência do espaçamento entrelinhas na produtividade de colmos, obtendo de 44,3 t ha⁻¹ de colmos, mas observaram influência do Brix, sendo maior com o cultivo no espaçamento reduzido, 0,5 m (15,93°). Já Albuquerque et al. (2012), estudando as cultivares BRS 506 e BRS 507 em diferentes localidades de Minas Gerais, verificaram que a redução no espaçamento entrelinhas aumentou a produtividade de massa fresca de plantas de sorgo sacarino, atingindo cerca de 45,75 t ha⁻¹ de biomassa total no espaçamento 0,5 m entrelinhas, comparativamente à 36,44 t ha⁻¹, com espaçamento de 1,10 m, no mesmo local de cultivo. Além disso, os autores verificaram crescimento linear na biomassa

fresca total com o aumento na população de plantas, até o limite de estudo de 220.000 pl ha⁻¹.

May et al. (2012), estudando o arranjo de plantas de sorgo sacarino em Minas Gerais, verificaram uma diferença comportamental das variedades BRS 505 e CMSXS 647, em função do espaçamento entrelinhas e população de plantas, mas, de forma geral, os autores observaram uma elevação significativa da produtividade com o uso de espaçamentos reduzidos (0,5 m entre linhas). Contudo, os autores salientam a nítida diferença da capacidade competitiva de cada cultivar de sorgo sacarino estudada, com a elevação da população de plantas, sendo maior para a cultivar CMSXS 647, que manteve incrementos lineares na produção de biomassa com o aumento da população de plantas até 140.000 pl ha⁻¹ (58,6 t ha⁻¹ de biomassa total), devido, principalmente, à elevação da massa fresca de folhas e não propriamente do aumento da massa fresca de colmos. Já a cultivar BRS 505 não elevou a produtividade com incrementos na população de plantas acima de 100.000 pl ha⁻¹, apenas com a redução do espaçamento entrelinhas, conforme retratado.

Assim, em busca de aumentar o conhecimento em relação ao arranjo de plantas para a máxima produtividade de colmos, este trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento entrelinhas e da população de plantas sobre a produção de sorgo sacarino na região central de Minas Gerais.

Material e Métodos

O ensaio foi instalado no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, situada em Sete Lagoas, MG (região central

do estado), entre a latitude 19° 23'S e longitude 44° 10'W, com altitude média de 726 m. O clima da região é do tipo CWA - Tropical, com chuvas concentradas no verão e um período seco bem definido durante o inverno. O solo, na área experimental em Sete Lagoas/MG, é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa. O plantio foi feito em 05 de outubro de 2012. As médias da temperatura máxima e mínima e a precipitação acumulada no período experimental foram de 30,8 °C, 18,6 °C e 543 mm, respectivamente. A Tabela 1 apresenta a análise de solo feita da área experimental.

Tabela 1. Aspectos químicos dos solos da área experimental, na profundidade de 0-20 cm.

pH	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	K	P	MO	V	m
			cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³		dag dm ⁻³	%	
6,4	5,38	0,02	4,3	0,80	5,3	10,7	107	32,9	2,70	50,0	0,34

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 4, sendo 6 espaçamentos entrelinhas (5 espaçamentos simples de 0,2; 0,5; 0,6; 0,7 e 0,8 m entrelinhas e um espaçamento duplo de 1x0,5 m) e 4 populações de plantas (80.000; 100.000; 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹), sendo utilizadas 3 repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de quatro metros de comprimento, sendo as duas linhas centrais consideradas como parcela útil, tendo como bordadura 0,5 m, nas extremidades de cada linha central. A cultivar estudada foi a BRS 511, caracterizada por ciclo de 120 dias.

No preparo de solo foram realizadas uma aração e duas gradagens. A calagem foi feita para elevar a saturação de

bases para 60%, antes da aração, permanecendo o solo em descanso por três meses após a incorporação do calcário. Foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de Uréia, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de Super Fosfato Simples, e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de Cloreto de Potássio, segundo a recomendação para sorgo forrageiro descrita por Alvarez et al. (1999). Para o controle de plantas daninhas, foi utilizado, em pré-emergência, o herbicida Atrazine na dosagem de 2,5 l ha⁻¹. A cultura foi irrigada semanalmente por aspersão convencional, com lâmina de 10 mm.

A semeadura foi manual utilizando-se um excesso de sementes para garantir o estande desejado e 15 dias após a semeadura, foi feito o raleio das plantas de forma a estabelecer população desejada segundo o espaçamento entrelinhas relacionado a cada tratamento.

Os parâmetros avaliados na colheita foram: altura da planta (distância da superfície do solo até a ponta da panícula); número de folhas; diâmetro do colmo (no terço médio das plantas); número de afilhos; massas frescas de folhas, colmos e panículas por área cultivada, sem afilhos; massa fresca de folhas por planta, sem afilhos (expressa em g planta⁻¹); massas secas de folhas e colmos por planta, sem afilhos (expressas em g planta⁻¹); massa de caldo, sem afilhos; sólidos solúveis totais (°Brix) e leitura sacarimétrica (°Z). Não foram considerados os afilhos nas massas coletadas, pois essas estruturas no BRS 511 não são bem desenvolvidas, sendo insignificantes na massa total obtida.

O stand final foi aferido, visando verificar se a população de plantas inicialmente proposta foi atingida, contando-se

o número de plantas, desconsiderando o afilho, no dia da colheita. Como o semeio foi manual, dentro do máximo rigor da operação, utilizando-se régua e raleio após germinação, o stand final foi exatamente o mesmo da população almejada. Sendo assim, o cálculo da produtividade por hectare foi estimado sobre cada um dos níveis do fator espaçamentos entrelinhas.

A colheita foi realizada aos 120 dias após a semeadura, quando as plantas estavam com grãos farináceos. Para a extração do caldo da massa fresca do colmo, sem folhas e sem panícula, foi retirada uma amostra composta por 10 plantas da área útil de cada parcela, após as mensurações das características supracitadas. As plantas foram moídas em uma ensiladeira estacionária e homogeneizadas em uma betoneira acoplada ao equipamento de moagem, sendo uma massa equivalente a 500 g de cada material triturado e homogeneizado, prensada em uma prensa hidráulica HIDRASEME, modelo PHS 250, por 60 segundos com pressão de trabalho de 145 bar pressão sobre a amostra de 250 kgf cm⁻², resultando em força de prensagem de 45 t. Após prensagem, o caldo foi pesado, sendo o seu Brix, mensurado com refratômetro, e a leitura sacarimétrica, mensurada em um sacarímetro, logo após a extração da biomassa fresca.

Os dados obtidos das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e em caso de significância, os valores foram submetidos ao teste Tukey. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico ESTAT, pertencente à Unesp, Campus Jaboticabal, SP.

Resultados e Discussão

Houve interação altamente significativa dos fatores estudados apenas para a massa fresca do colmo e massa seca de colmos e efeito isolado altamente significativo ou significativo dos fatores para todas as características avaliadas, exceção apenas do número de folhas e da leitura sacarimétrica, que não foram influenciados pelos tratamentos. O fator população de plantas não influenciou isoladamente a massa fresca de folhas por área cultivada, a massa de caldo e o brix.

Conforme se observa na Tabela 2, a maior produtividade de massa fresca de colmos foi obtida com a máxima população de plantas estudada, 140.000 pl ha⁻¹, e com o menor espaçamento entrelinhas, 0,2 m, atingido média de 202 t ha⁻¹ de colmos, diferente estatisticamente de todos os tratamentos estudados. Assim, para o sorgo sacarino BRS 511 o adensamento de plantas é uma fator importante para a expressão de altas produtividades, demonstrando que a cultivar tem elevado potencial produtivo e alta capacidade competitiva entre as plantas na linha de cultivo. Por outro lado, as menores produtividades obtidas foram observadas para o cultivo de sorgo sacarino em linhas duplas de 1 x 0,5 m, independentemente da população de plantas. Contudo, para espaçamentos maiores que 0,2 m entrelinhas a produtividade de colmos não foi estatisticamente alterada para a maioria das populações de plantas, e, ainda, foram semelhantes entre si para as populações estudadas, com pequenas variações, demonstrando que, para espaçamentos acima de 0,5 m entrelinhas, a elevação da população de plantas para níveis acima de 80.000 pl ha⁻¹ deve ser realizada com cautela, já que os incrementos na produtividade de colmos são variáveis,

conforme o espaçamento entrelinhas pretendido, mostrando que o arranjo entre os dois fatores estudados é importante para a maximização da produtividade do sorgo sacarino.

Além disso, ainda na Tabela 2, observa-se que as maiores produtividades de massa fresca de colmos por planta foram obtidas com menores populações de plantas e espaçamento entrelinhas, apresentando produtividade de $1,8 \text{ g planta}^{-1}$ de massa fresca de colmos, quando cultivada sob população de $80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ e espaçamento de $0,2 \text{ m}$ entrelinhas, devido à menor competição entre as plantas na linha de cultivo. Assim, embora a produção de colmos por planta tenha sido menor com a maior população de plantas, houve um efeito de compensação, resultando em produtividades maiores por área cultivada, com a elevação do número de plantas por hectare.

Da mesma forma, observa-se na Tabela 3, que a maior produção de massa seca de colmos por planta foi obtida com $80.000 \text{ pl ha}^{-1}$ e espaçamento de $0,2 \text{ m}$ entre linhas, demonstrando que a menor competição entre as plantas na linha de cultivo geraram acúmulos de massa seca mais significativos ($276,53 \text{ g planta}^{-1}$). As plantas cultivadas no espaçamento entrelinhas de $0,2 \text{ m}$ apresentaram as maiores médias de massa seca de colmos por planta, de forma geral, independente da população de plantas estudada, demonstrando que o arranjo de plantas utilizado no espaçamento super reduzido ($0,2 \text{ m}$) proporciona um melhor aproveitamento dos fatores de produção. Contudo, a massa seca de colmos por planta entre os espaçamentos entrelinhas estudados, acima de $0,2 \text{ m}$, foram em média estatisticamente semelhantes entre si, dentro da mesma população de plantas, em sua maioria.

Tabela 2. Massa fresca de colmos por área cultivada e por planta em função do espaçamento entrelinhas e da população de plantas.

Espaçamento entrelinhas (m)	Massa fresca de colmos (t ha ⁻¹)			Massa fresca de colmos (g planta ⁻¹)				
	População de plantas (pl ha ⁻¹)			População de plantas (pl ha ⁻¹)				
	80.000	100.000	120.000	140.000	80.000	100.000	120.000	140.000
0,2	141,0 aC	142,0 aBC	160,8 aB	202,0 aA	1,8 aA	1,42 aB	1,34 aB	1,44 aB
0,5	84,9 bA	72,1 cA	75,6 bA	89,7 bA	1,1 bA	0,72 cB	0,63 bB	0,64 bB
0,6	72,7 bB	108,5 bA	79,3 bB	80,6 bcB	0,91 bcB	1,09 bA	0,66 bC	0,58 bC
0,7	80,7 bA	76,3 cA	72,4 bA	85,9 bA	1,01 bcA	0,76 cB	0,61 bB	0,61 bB
0,8	79,7 bAB	74,0 cAB	60,8 bB	83,8 bcA	1,00 bcA	0,74 cB	0,51 bC	0,60 bBC
1x0,5 m	66,4 bA	66,1 cA	65,6 bA	63,1 cA	0,83 cA	0,66 cAB	0,55 bBC	0,45 bC
Dms	19,7			0,18				
CV (%)	9,92			9,44				

¹Letras minúsculas iguais na vertical e maiúsculas iguais na horizontal tratam médias estatisticamente semelhantes entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Tabela 3. Massa seca de colmos por planta em função do espaçamento entrelinhas e da população de plantas.

Espaçamento entrelinhas (m)	Massa seca de colmos (g planta ⁻¹)			
	População de plantas (pl ha ⁻¹)			
	80.000	100.000	120.000	140.000
0,2	276,53 aA	226,50 aB	218,18 aB	242,26 aAB
0,5	159,52 bA	108,05 cB	97,46 bB	101,79 bB
0,6	127,43 bAB	160,73 bA	95,80 bBC	83,67 bC
0,7	124,60 bA	115,01 cAB	81,72 bB	86,22 bB
0,8	146,59 bA	105,53 cB	76,65 bB	86,67 bB
1x0,5 m	127,12 bA	104,32 cAB	83,84 bB	72,46 bB
Dms		20,50		
CV (%)		13,05		

¹Letras minúsculas iguais na vertical e maiúsculas iguais na horizontal retratam médias estatisticamente semelhantes entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Godsey et al. (2012), em Oklahoma, obtiveram produtividades de até 160 t ha⁻¹ de biomassa da planta quando cultivadas sob espaçamento de 0,2 m entre linhas, com 250.000 plantas por hectare. Ainda, os autores verificaram que a capacidade de resposta das plantas com a elevação da população de plantas por área cultivada é maior no espaçamento de 0,2 m, comparativamente ao espaçamento 0,76 m entrelinhas, sugerindo que altas densidades de semeio resultam em maiores produtividades de biomassa quando estabelecidas conjuntamente com espaçamentos super reduzidos. Assim, quando há possibilidade de semeio no espaçamento de 0, 2 m entrelinhas, a população de plantas pode chegar à 250.000 pl ha⁻¹, enquanto que, quando o semeio só é possível no espaçamento 0,76 m, a população de plantas máxima seria de 150.000 pl ha⁻¹.

Da mesma forma, que o Godsey et al. (2012) elucidaram, pode-se inferir, através dos resultados obtidos com a cultivar BRS 511, que, quando é operacionalmente possível a aplicação do espaçamento entrelinhas de 0,2 m, existe uma tendência de maiores produções de colmos por área cultivada para populações de plantas maiores que 140.000 pl ha⁻¹, já que esse foi o limite superior do presente estudo.

Albuquerque et al. (2011), estudando o arranjo de plantas para sorgo forrageiro no norte de Minas Gerais, verificaram maiores produtividades no espaçamento reduzido (0,5 m entrelinhas), apresentando produtividade de até 29 t ha⁻¹ de massa seca da planta toda. Além disso, obtiveram maiores produtividades médias de dois anos de estudo para menores populações de plantas, resultando em cerca de 180 g de massa seca da planta toda por planta, considerando 100.000 plantas por hectare.

A Tabela 4 apresenta a influência do espaçamento entrelinhas para as diferentes características estudadas. Observou-se que a altura da planta, o diâmetro do colmo e o número de afilhos não apresentaram grandes variações com o aumento do espaçamento entre as linhas de cultivo, demonstrando elevado efeito de compensação das plantas da cultivar BRS 511, quando cultivadas sob baixas populações de plantas.

Tabela 4. Altura da planta (Alt, em m), diâmetro do colmo (Diam, em mm), afilhos por planta (Afilhos), massa fresca de folhas por área cultivada (MFF, em t ha⁻¹), massa fresca de folhas por planta (MFFP, em g planta⁻¹), massa de caldo (MC, em t ha⁻¹), brix (B, em °), massa fresca de panículas (MFP, em t ha⁻¹), massa seca de folhas (MSF, em g planta⁻¹) em função do espaçamento entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas (m)	Características avaliadas									
	Alt	Diam	Afilhos	MFF	MFFP	MC	B	MFP	MSF	
0,2	3,08 b	22,15 a	0,67 a	26,48 a	0,25 a	97,97 a	20,22 a	4,67 a	46,35 a	
0,5	3,14 ab	19,92 b	0,31 b	14,29 b	0,14 b	54,84 b	19,12 b	3,61 b	31,53 b	
0,6	3,12 ab	20,54 ab	0,25 b	12,72 b	0,12 bc	53,39 bc	18,7 bc	3,70 ab	28,89 bc	
0,7	3,22 a	20,43 ab	0,17 b	11,63 b	0,11 bc	49,12 bc	18,05 c	3,78 ab	25,89 bc	
0,8	3,20 a	20,42 ab	0,26 b	12,72 b	0,12 bc	48,09 bc	18,63 bc	3,84 ab	29,61 bc	
1x0,5 m	3,21 a	19,24 b	0,12 b	10,54 b	0,10 c	41,84 c	19,08 b	3,94 ab	24,02 c	
Dms	0,13	1,93	0,2	4,04	0,04	12,50	0,78	1,03	5,85	
CV (%)	3,31	7,77	54,94	22,62	21,46	17,90	3,39	21,66	15,53	

¹Letras minúsculas iguais na vertical retratam médias estatisticamente semelhantes entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

O número de afilhos no espaçamento entrelinhas de 0,2 m apresentou média de 0,67 afilhos por planta (Tabela 4), contudo, esses afilhos não são bem desenvolvidos. Nota-se que em termos numéricos há um estímulo à emissão de afilhos quando as plantas são conduzidas sobre espaçamentos super reduzidos, mas sem prejuízos para a produção da planta mãe ou principal, uma vez que a massa seca de colmos por planta, sem afilhos, foi maior quando mantida sob espaçamento de 0,2 m, conforme observa-se na Tabela 3.

Ainda na Tabela 4, observa-se que a massa fresca de folhas por área cultivada, a massa fresca de folhas por planta e a massa seca de folhas por planta foram maiores apenas para o espaçamento entrelinhas de 0,2 m, demonstrando mais uma vez, que com o espaçamento reduzido há uma maior capacidade produtiva da planta, devido ao melhor aproveitamento dos fatores de produção, refletindo na maior produção de caldo por hectare ($97,97 \text{ t ha}^{-1}$), que foi cerca de 57,3% superior à massa obtida no cultivo em linhas duplas ($41,84 \text{ t ha}^{-1}$), e na qualidade do caldo, apresentando maiores valores de brix ($20,22^\circ$ para o espaçamento de 0,2 m). Os valores de brix apresentaram pequenas variações para espaçamentos entrelinhas superiores à 0,2 m, contudo, mesmo a diferença entre o espaçamento super reduzido (0,2 m) e o imediatamente superior (0,5 m) não foi elevada, constatando uma diferença média de apenas $1,1^\circ$, demonstrando que a qualidade do caldo do sorgo sacarino não é influenciada pelas alterações no arranjo de plantas, já que a leitura sacarimétrica não foi afetada de maneira alguma, conforme os tratamentos estudados, permanecendo em valores médios de $55,13^\circ$.

Como não há ainda um sistema estabelecido para o cálculo da pureza aparente do caldo de sorgo sacarino, através da leitura sacarimétrica obtida; da mesma forma como já existe para a cultura da cana-de-açúcar, não sendo possível a utilização das mesmas fórmulas para as duas culturas, uma vez que a proporção entre os açúcares no caldo não obedece ao mesmo critério estabelecido para a cana; relata-se apenas que não houve variação estatisticamente significativa para a característica com os tratamentos estudados.

Assim, os valores de brix encontrados podem ser considerados adequados para o sorgo sacarino, já que, normalmente, são relatadas médias na massa de caldo em torno de 15 a 20°C, conforme a cultivar estudada e o local de cultivo (DURAES et al., 2012).

O fato da massa fresca de colmos manter-se estável para maiores populações de plantas (Tabela 2) significa que a cultivar BRS 511, mesmo em condições de menor adensamento, quando cultivada sob espaçamentos entrelinhas maiores, tem bom efeito compensatório, mantendo estável a altura da planta, o diâmetro de colmos, o número de folhas e massa fresca de folhas (Tabela 4).

Assim, devem-se buscar as máximas produtividades de colmos em áreas produtivas, através da redução do espaçamento entrelinhas de cultivo, não focando esforços no aumento da qualidade do caldo, quando consideramos um mesmo local de cultivo e sistema de manejo cultural para uma determinada cultivar, já que as maiores oscilações na qualidade do caldo (brix e leitura sacarimétrica) parecem estar mais relacionadas ao material genético utilizado e ao local de cultivo selecionado,

conforme relatam Parrella e Schaffert (2012) na apresentação das características qualitativas de caldo de diferentes cultivares, em diferentes ambientes.

Da mesma forma, Albuquerque et al. (2012) verificaram pouca influência do espaçamento entrelinhas sobre a qualidade do sorgo sacarino, passando de 17,9 para 18,6° para espaçamentos entrelinhas de 0,5 cm e 1,10 m, respectivamente, resultando em uma variação média de apenas 0,7°, para as cultivares estudadas BRS 506 e 507, demonstrando pouca influência do arranjo de plantas na qualidade do caldo da cultura, quando cultivada em um mesmo local.

A Tabela 5 apresenta a influência da população de plantas para as características estudadas. Observou-se pouca influência do incremento no número de plantas por área cultivada para altura da planta e diâmetro do colmo, que foram muito semelhantes entre si, com poucas variações, demonstrando que a cultivar BRS 511 tem alta capacidade de competição entre as plantas na linha de cultivo, já que, mesmo com a elevação do número de plantas por metro linear, a planta apresentou crescimento vegetativo similar. Houve tendência de maior de emissão de afilhos na menor população de plantas, com aumento de 0,25 afilhos por planta na população de 80.000 pl ha⁻¹, comparativamente à 100.000 pl ha⁻¹, contudo, essa elevação pode ser considerada insignificante do ponto de vista produtivo. A massa fresca e a massa seca de folhas por planta foram maiores na menor população de plantas estudada, mas com variação muito pequena em relação ao limite superior.

Tabela 5. Altura da planta (Alt, em m), diâmetro do colmo (Diam, em mm), afilhos por planta (Afilhos), massa fresca de folhas por planta (MFFP, em g planta⁻¹), massa fresca de panículas (MFP, em t ha⁻¹), massa seca de folhas (MSF, em g planta⁻¹) em função da população de plantas.

População de plantas (pl ha ⁻¹)	Características avaliadas					
	Alt	Diam	Afilhos	MFFP	MFP	MSF
80.000	3,20 a	21,56 a	0,55 a	0,19 a	2,86 b	40,47 a
100.000	3,19 a	20,90 ab	0,30 b	0,14 b	3,56 b	32,12 b
120.000	3,11 a	19,39 c	0,19 bc	0,11 c	4,33 a	26,68 c
140.000	3,14 a	19,94 bc	0,15 c	0,11 c	4,95 a	24,93 c
Dms	0,09	1,41	0,16	0,03	1,03	4,28
CV (%)	3,31	7,77	54,94	21,46	21,66	15,53

¹Letras minúsculas iguais na vertical retratam médias estatisticamente semelhantes entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Assim, notou-se que o BRS 511 atingiu valores médios de até 202 t ha⁻¹ de colmos, com espaçamento de 0,2 m entrelinhas e 140.000 plantas ha⁻¹, com máximo valor de brix de 20,22° e leitura sacarimétrica média de 55,13°, além de apresentar 97,97 t ha⁻¹ de massa de caldo.

Dessa forma, pode-se inferir que a cultivar BRS 511 tem seu desenvolvimento vegetativo, representado pelas características número de folhas, altura da planta, diâmetro de colmos e massa de folhas, pouco influenciado sobre as oscilações na população de plantas da área, demonstrando um alto poder compensatório, normalmente não observado em outros materiais de sorgo sacarino, conforme May et al.

(2012) observaram para as cultivares BRS 505 e CMSXS 647, que apresentaram redução no desenvolvimento das plantas com o aumento na população de plantas. Contudo, o que mais influenciou a produtividade de colmos de BRS 511 e, conseqüentemente, a massa de caldo produzida foi a redução no espaçamento entrelinhas, também observado por May et al. (2012).

Conclusão

O arranjo de plantas influencia a produção de colmos por planta e por área cultivada, principalmente devido à alteração no espaçamento entrelinhas. A redução no espaçamento entrelinhas é o que mais influencia a produtividade de caldo, sem alteração na sua qualidade, e, embora preliminarmente, o espaçamento de 0,2 m entrelinhas pode proporcionar incrementos elevados na produtividade de colmos, podendo atingir 202 t ha⁻¹, quando as plantas são conduzidas sob população de plantas de 140.000 plantas ha⁻¹, indicando a necessidade de pesquisas utilizando número de plantas por hectare superior ao estudado nesse trabalho.

Referências

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P.T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

BANDEIRA, A. H.; BIONDO, J. C.; DIAS, F. S.; SILVA, N. G.; MEDEIROS, S. L. P.; CHIELLE, Z. G.; LEAL, L. T. Efeito da época de semeadura e espaçamento no desempenho produtivo de sorgo sacarino, cultivado na região do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos**. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 2372-2375.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. von; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para região norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. de S.; OLIVEIRA, R. M. de; SILVA, K. M. de J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.

Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2012/2013: terceiro levantamento: dezembro/2012.

Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2013.

COWLEY, O. H.; SMITH, B. S. Sweet sorghum as a potential sugar crop in south Texas. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGY, 14.,

1971, New Orleans. **Proceedings**. New Orleans: [s.n.], 1972. p. 628-633.

DURAES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; GARCIA, J. C.; VIRMOND, E.; PACHECO, T.; DIAS, J. M. C. S. Sistema de produção de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar: oportunidades, perspectivas e desafios. In: DURAES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. 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. p. 36-49.

GODSEY, C. B.; LINNEMAN, J.; BELLMER, D.; HUHNKE, R. Developing row spacing and planting density recommendations for rainfed sweet sorghum production in the southern plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 2, p. 280-286, 2012.

HAN, K. J.; PITMAN, W. D.; ALISON, M. W.; HARRELL, D. L.; VIATOR, H. P.; McCORMICK, M. E.; GRAVOIS, K. A.; KIM, M.; DAY, D. F. Agronomic considerations for sweet sorghum biofuel production in the South-Central USA. **Bioenergy Research**, v. 5, p. 748-758, 2012.

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F. da; COELHO, M.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012.

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: MAY, A.; DURAES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção**

agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: sistema BRSS1G - tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 14-21. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

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 Tech**, v. 13, n. 4, p. 399-407, 2011.

SNIDER, J. L.; RAPER, R. L.; SCHWAB, E. B. The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 527-535, 2012.

VASILAKOGLU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANNIDIS, N.; GATSIS, T. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 120, n. 1, p. 38-46, 2011.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 40, p. 1-12, 2012.

ZHAO, Y. A.; DOLAT A.; STEINBERGER, Y.; WANGA, X.; OSMAN, A.; XIE, G. H. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 111, p. 55-64, 2009.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

