

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE DOIS CULTIVARES DE SORGO
SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) EM SETE LAGOAS - MG

PEDRO GONÇALVES FERNANDES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO - 2013

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE DOIS CULTIVARES DE SORGO
SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) EM SETE LAGOAS - MG

PEDRO GONÇALVES FERNANDES

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho
Coorientador: Pesq. Dr. André May

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2013

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE DOIS CULTIVARES DE SORGO
SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) EM SETE LAGOAS - MG

PEDRO GONÇALVES FERNANDES

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 28 de fevereiro de 2013

Comissão Examinadora:

Pesq. Carlos Frederico de Menezes Veiga (D. Sc., Produção Vegetal) – UFRRJ

Prof. Sílvio de Jesus Freitas (D. Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D. Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Fábio Cunha Coelho (D. Sc., Fitotecnia) – UENF
Orientador

A Deus, pela vida.

À minha amada e preciosa esposa,

Annamanuelha Fernandes,

Aos meus amados pais,

Octávio Costa Fernandes e Lúcia Helena Fernandes

Aos meus amados irmãos,

Davi Fernandes e Sara Fernandes

Dedico e Ofereço.

*“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;
não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar”.*

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar em todos os momentos da minha vida.

À minha querida e amada esposa Annamanuella pela paciência, apoio, amor e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, pela concessão da bolsa de estudo nos dois primeiros anos e pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Professor Orientador Dr. Fábio Cunha Coelho, pela amizade e paciência para passar conselhos e experiências importantes ao longo de minha formação, que foram essenciais para o alcance de conquistas em minha vida profissional, meu eterno agradecimento.

À EMBRAPA Milho e Sorgo por intermédio do pesquisador Dr. André May por abrir as portas e possibilitar o desenvolvimento deste trabalho, além da amizade, confiança, apoio e conselhos valiosos para concretização deste trabalho.

Às estagiárias da Embrapa Milho e Sorgo, Marina Chamon Abreu e Karina Mendes Bertolino, pela ajuda essencial na condução e coleta de dados deste trabalho.

Ao professor Dr. Henrique Duarte Vieira pelo aconselhamento, pelas críticas e valiosas sugestões na defesa de projeto de tese e qualificação.

Ao professor Dr. Sílvio Freitas pelas críticas e valiosas sugestões na defesa de projeto de tese e qualificação.

Ao professor Dr. Geraldo Gravina pela grande contribuição nos procedimentos estatísticos.

Aos professores das disciplinas cursadas, pela dedicação no ensino das matérias.

Aos contemporâneos de pós-graduação, Willy, Pablo, Júnior Ferrete e Cristóbal, pela amizade, incentivo e momentos de descontração.

À Petrobras Biocombustível, pelo auxílio financeiro, liberação e deslocamento à Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, para condução deste trabalho. Ao Gerente Geral Milas Evangelista, Gerente André Bello e colegas de trabalho da Gerência de Suporte Técnico pelo apoio, com especial agradecimento ao Antônio Meirelles (Branco), pelo incentivo inicial e durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram na ajuda e apoio ao longo da elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais da cultura do sorgo.....	4
2.2. Aspectos fitotécnicos da cultura do sorgo sacarino.....	7
2.3. Viabilidade do sorgo sacarino na produção de etanol.....	12
3. TRABALHOS	15
3.1. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeio.....	15
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
3.2. Influência da época de semeadura nas características agronômicas em dois cultivares de sorgo sacarino na região central do estado de minas gerais.....	38

RESUMO	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
APÊNDICE.....	69

RESUMO

FERNANDES, Pedro Gonçalves, Engenheiro Agrônomo, D. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2013. Avaliação agrônômica de dois cultivares de Sorgo Sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Sete Lagoas – MG. Orientador: Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho. Coorientador: Pesq. Dr. André May

Com o objetivo de avaliar o efeito do arranjo de plantas e da época de semeadura para dois cultivares de sorgo sacarino, foram conduzidos dois trabalhos na Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas - MG. O primeiro trabalho de arranjo de plantas foi instalado em duas épocas, a primeira época no período safra e a outra em safrinha. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC) com três repetições, distribuídos em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por cinco espaçamentos entrelinhas (50; 60; 70; e 80 cm e linha dupla 100x50 cm), e as subparcelas por quatro populações de plantas de sorgo sacarino (80.000, 100.000, 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹). Utilizou-se a variedade de sorgo sacarino BRS 506. O ensaio de safra foi implantado em novembro/2011 e safrinha em março/2012, a colheita e as avaliações das características produtivas, foram realizadas aos 120 dias após o semeio. A época de semeio no período de safra resultou em maior rendimento de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea, massa de caldo e Brix do sorgo sacarino, independente do arranjo de plantas. O espaçamento de 50 cm entrelinhas resultou em maior produção de biomassa total

da parte aérea e massa de caldo, independente da época de semeio. O espaçamento duplo resultou em valores similares ao espaçamento de 80 cm para as principais variáveis produtivas, independente da época de semeio. As populações de plantas não influenciaram no rendimento de matéria fresca de colmos e massa de caldo, independente da época de semeio. O cultivar BRS 506 apresentou maior resultado para as principais variáveis produtivas na semeadura de safra em relação à safrinha. O trabalho sobre a influência da época de semeadura em dois cultivares de sorgo sacarino foi composto por delineamento experimental em blocos ao acaso com dez repetições, em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram compostas por seis épocas de semeadura (26 de outubro, 17 de novembro e 27 de dezembro de 2011 e 19 de janeiro, 7 de fevereiro e 28 de março de 2012) e as subparcelas por dois cultivares de sorgo sacarino (BRS 506 e CMSXS 647). A colheita e avaliações das características produtivas para cada época foram realizadas 120 dias após a semeadura. As épocas de semeadura em outubro e novembro apresentaram baixa insolação na região central de Minas Gerais e diminuiu o acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente do cultivar. A semeadura em dezembro na região central de Minas Gerais resultou maior acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente dos cultivares de sorgo sacarino.

ABSTRACT

FERNANDES, Pedro Gonçalves, Agronomist Engineer, D. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2013. Agronomic evaluation of two sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars in Sete Lagoas - MG. Adviser: Fábio Cunha Coelho. Co-adviser: André May

With the objective of evaluating the effect of plant arrangement of sowing seasons for two cultivars of sweet sorghum, two studies were conducted at Embrapa Maize and Sorghum in the city of Sete Lagoas - MG. The first work of plant arrangement was installed in two seasons, the first time during the crop season and off-season in another. The experimental design was randomized blocks (DBC) with three replicates distributed in split plots. Each plot consisted of five row spacings (50; 60; 70; e 80 cm and double line 100x50 cm), and the sub-plots of four plant population of sweet sorghum (80.000, 100.000, 120.000 and 140.000 plants ha⁻¹). It was used a variety of sweet sorghum BRS 506. The test was implemented in November/2011 for crop season and March/2012 for off season, the harvest t and yield characteristics were performed at 120 days after sowing. The time of sowing in the crop season resulted in higher yield of fresh matter of stalks and the fresh total biomass of the aerial, juice mass and Brix of sweet sorghum, regardless of plant arrangement. The spacing of 50 cm between rows resulted in higher total biomass production of aerial part and juice mass, regardless of the time of sowing. The double spacing resulted in values similar to the spacing of 80 cm for the main production variables, regardless of the time of sowing. Plant populations did not influence the yield of fresh stalks and juice mass, regardless of the time of sowing.

The plant population did not affect the yield of fresh mass of stems and broth, regardless of the time of sowing. The BRS 506 showed higher results for the main variables production in the crop season in relation to the off-season. The work on the influence of sowing time in two cultivars of sweet sorghum was composed of experimental design in randomized block design with ten replications at split plot in time. Each plot consisted of six sowing dates (October 26, November 17 and December 27 of 2011 and January 19, February 7 and February 28 of 2012) and the subplots of two cultivars of sweet sorghum (BRS 506 and CMSXS 647). The harvesting and evaluation of the productive characteristics for each season were held 120 days after sowing. The sowing dates in October and November have low insolation in central Minas Gerais and decreased the accumulation of fresh matter of stalks and the fresh total biomass of the aerial and juice mass, regardless of cultivar. Sowing in December in central Minas Gerais resulted in greater accumulation of fresh matter of stalks, fresh total biomass of the aerial parts and juice mass, regardless of cultivars of sweet sorghum.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) do mundo, com moagem na safra 2011/2012, de 560,36 milhões de toneladas, com queda de 11,34% em relação à safra 2010/2011, que foi de 623,91 milhões de toneladas (Conab, 2012a).

A frota brasileira de veículos flex-fuel já totaliza mais de 18,2 milhões de unidades, com acréscimo médio anual nos últimos quatro anos de 2,6 milhões de veículos (Anfavea, 2012; MME, 2012). Assim, diante de uma demanda cada vez mais aquecida, os produtores estão enfrentando dificuldades em cumprir os contratos de venda, elevando os preços do etanol, ficando o biocombustível pouco atrativo em relação à gasolina, devido ao congelamento do preço do combustível fóssil. Para suprir o mercado, o setor tem que retomar o movimento de expansão, aumentando não só a capacidade industrial, mas, principalmente, a área cultivada com matéria-prima, além de manter a idade média do canavial reduzida, o que resultará em produtividades adequadas, diminuindo o custo de produção da matéria-prima.

Neste cenário, o sorgo sacarino apresenta-se como alternativa promissora para complementação no fornecimento de matéria-prima para indústria sucoenergética. O sorgo sacarino é o termo utilizado para descrever tipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) que apresentam altas concentrações de açúcar nos colmos, sendo cultivado em diversos países com finalidade de produzir alimento, forragem para animais, fibra e energia, têm larga

adaptabilidade, são tolerantes à seca e podem produzir entre 40-70 t ha⁻¹ de biomassa com o Brix (sólidos solúveis totais) variando de 16 até 23% (Almodares e Hadi, 2009).

O alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo é comparado à cana-de-açúcar, com o benefício de obter esse rendimento em período mais curto, utilizando cultivares que variam o ciclo de 100 a 120 dias. A propagação é realizada via sementes.

O sorgo sacarino pode ser colhido durante a entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria sucroenergética, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. Além disso, a elevada produção de biomassa, a antecipação da colheita em relação à cana-de-açúcar e utilização do mesmo processo industrial da cana-de-açúcar sem modificações colocam o sorgo sacarino como excelente matéria-prima para produção de etanol, tendo como primeira estratégia, seu cultivo nas áreas de renovação, visando antecipar o período de moagem em cerca de 45 dias (Teixeira et al., 1997; Parrella et al., 2010).

Os principais desafios encontrados na cultura do sorgo sacarino para o modelo de negócio proposto estão relacionados ao sistema de produção que se encontra em desenvolvimento. O ambiente de produção normalmente é composto por solos cultivados com cana-de-açúcar intensivamente, durante seis anos em média. Pesquisas científicas relacionadas ao melhor arranjo de plantas, incluindo espaçamento entrelinhas e população de plantas para os cultivares atuais, disponíveis de sorgo sacarino, estão sendo realizadas, atentando para o efeito no controle de plantas daninhas, pragas, doenças, acamamento de plantas e aproveitamento de água e fertilizantes.

Albuquerque et al. (2010) ao avaliar os espaçamentos 50; 70; 90 e 110 cm e populações de 100 mil, 150 mil, 200 mil e 250 mil plantas ha⁻¹ para as variedades de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 507 em diferentes locais do Estado de Minas Gerais, observaram que o aumento da população em até 250 mil plantas ha⁻¹ propiciou incrementos na produtividade de biomassa verde, porém, sem elevações na massa de colmo por hectare, devido à redução do diâmetro com o aumento do número de plantas por hectare.

Entretanto, além da semeadura na entressafra em áreas de reforma de canaviais, vislumbra-se a introdução do sorgo sacarino para ser processado

durante a safra com a cana-de-açúcar, aumentando assim a janela para colheita e, conseqüentemente, a semeadura em diferentes épocas do ano.

Bandeira et al. (2012) estudaram o desempenho dos cultivares BRS 506 e FEPAGRO19 em três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) em Santa Maria (RS), e concluíram que a semeadura de novembro foi a mais adequada por não sofrer com quedas acentuadas de temperaturas diurnas e noturnas e, períodos de excesso hídrico ocorridos no mês de outubro ou por altas temperaturas do ar (média de 42°C) no mês de dezembro.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do arranjo de plantas, através da combinação entre o espaçamento entrelinhas e população de plantas, além do efeito de épocas de semeio nas características agronômicas de dois cultivares de sorgo sacarino na região central do Estado de Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do sorgo

O sorgo é uma planta da família *poaceae*, do gênero *sorghum*, e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. É uma planta C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas. Em sua grande maioria, os materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento e desenvolvimento. Sua estrutura radicular é composta por raízes que por possuir sílica na endoderme, grande quantidade de pêlos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, conferem à cultura maior tolerância ao déficit hídrico e o excesso de umidade no solo, do que os demais cereais. O caule por sua vez é dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, Sua inflorescência é uma panícula e seu fruto é uma cariopse ou grão seco. Atinge 1 a 4 metros de altura, gerando uma inflorescência terminal do tipo paniculado. Uma espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero (Magalhães et al. 2010; Diniz, 2010).

Devido ao fato de não apresentar proteção para sementes, como, por exemplo, a palha de milho ou as glumas do trigo e da cevada, a planta de sorgo produz vários compostos fenólicos, os quais servem como uma defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores. Toda planta de sorgo possui aproximadamente os mesmos níveis de proteína, amido, lipídios etc., porém vários compostos fenólicos podem ocorrer ou não. Entre esses compostos,

destaca-se o tanino condensado, substância adstringente, acarretando ao grão problemas de digestibilidade (Magalhaes et al., 2000)

Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos. O granífero, com porte baixo adaptados à colheita mecânica; forrageiro para produção de silagem ou etanol, devido ao porte alto; forrageiro para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta; e por fim o vassoura, cujas panículas são confeccionadas vassouras, mais conhecidas como vassoura caipira. Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica, sendo um dos cereais mais importantes do mundo, em termos de produção. É o quinto cereal mais produzido, permanecendo atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada. É utilizado como alimento humano em muitos países da África, Sul da Ásia e América Central e é importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul. A utilidade dos grãos do sorgo reside na produção de farinha para panificação, amido industrial, etanol. A planta serve também como forragem ou cobertura de solo (Rodrigues e Santos, 2011; FAO, 2012).

No Brasil, a cultura do sorgo avançou de modo significativo a partir da década de 1970. Desde então, a área cultivada tem apresentado variações, devido à política econômica, sendo a comercialização o principal fator limitante. Atualmente, a cultura apresenta grande expansão, em média 18% ao ano, a partir de 2001, principalmente em semeaduras de sucessão a culturas de verão, com destaque para os maiores produtores, em ordem decrescente, os Estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e São Paulo, onde se concentram 89% do sorgo granífero cultivado no país. O estado de Minas Gerais responde por aproximadamente 20% da produção nacional, em 126 mil hectares plantados, produzindo 443,7 mil toneladas de grãos, resultando em rendimento médio de 3.521 kg ha⁻¹ de grãos (Conab, 2012b).

No contexto da produção de biocombustíveis, o sorgo sacarino vem se destacando mundialmente como relevante opção de matéria-prima para produção de etanol, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial.

O sorgo sacarino é cultivado em 99 países, em 44 milhões de hectares, principalmente em áreas de baixa fertilidade e semiáridas (Sakellariou-Makrantonaki et al., 2007). Em países como China, Índia, EUA, Irã, Itália, Espanha, entre outros, o sorgo sacarino é considerado matéria-prima promissora

para produção de etanol, e diversos trabalhos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos com essa cultura nesses países (Channappagoudar et al., 2007; Almodares et al., 2008; Wang et al., 2009; Wortmann et al., 2010).

No Brasil, a Embrapa Milho e Sorgo (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo) iniciou um programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, na década de 70. Inicialmente foram introduzidos 50 genótipos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), África e Índia, os quais foram caracterizados agronomicamente. Em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas com potencial para produção de etanol, sendo o BRS 506 e BRS 507, e o híbrido BRS 601. Contudo, com o insatisfatório êxito do Proálcool e da política nacional direcionada para grandes destilarias, o foco das pesquisas com sorgo sacarino foi redirecionado para a produção de cultivares forrageira (Parrella, 2011).

Em 2008, a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias. Novas metas de rendimento e qualidade do sorgo sacarino estão sendo buscadas pelo programa (Tabela 1).

Tabela 1. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino propostas para o programa de melhoramento de sorgo sacarino da EMBRAPA (Schaffert et al., 2011).

Característica	Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino		
	Alvo mínimo		
	1975	2011	(Futuro)
Rendimento mínimo de biomassa* t ha ⁻¹ (t ha ⁻¹ /mês)	40 (10)	50-60 (12-15)	80 (20)
Brix mínimo* (grau ^o , 245 kg cm ⁻¹ /60 seg)	16-17	18-19	20-22
Pico Brix (grau ^o)	21	23	23
Mínimo de extração de açúcar total* (kg t ⁻¹ biomassa)	80	100-120	120-150
Eficiência de extração (%)*	60-65	90-95	95
Teor mínimo de açúcar total no caldo (%)**	12,5	14	14-16
Rendimento mínimo de Álcool** (L t ⁻¹ biomassa)	40	60-70	70-85
Eficiência de fermentação (%)**	90	95	95
Eficiência de destilação (%)**	90	95	95
Eficiência Industrial (%)**	81	90	90
Período de Utilização Industrial (PUI, dias)*	30	30	30
Tipo de cultivar*	Variedade	variedade	variedade e híbridos

Parâmetros: *Agrônômico; **Industrial

Como resultado do reinício do programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, em setembro de 2012, a Embrapa Milho e Sorgo lançou a variedade de sorgo sacarino BRS 511, com o objetivo de atender a crescente demanda por matéria-prima, alternativa complementar à cana-de-açúcar para a produção de etanol. Esse cultivar apresenta alto potencial de produção de colmos, podendo alcançar produtividades de 80 t ha^{-1} , associado a altos teores de açúcares fermentáveis no caldo (18° a 22° Brix), com ótimo padrão de fermentação, segundo os pesquisadores. É recomendada para semeadura nas principais regiões que cultivam cana-de-açúcar (Sudeste, Centro-Oeste e Sul), com característica de resistência ao acamamento, podendo chegar a três metros de altura (Embrapa, 2012a).

2.2. Aspectos fitotécnicos da cultura do sorgo sacarino

Admite-se que o sorgo tem maior tolerância ao déficit de água e ao excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais, podendo assim, ser cultivado em ampla faixa de condições de solo (Dajui, 1995; Prasad, et al., 2007). A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Existem três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. O sorgo parece apresentar duas características: escape e tolerância. O escape através de um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. Já a tolerância está relacionada ao nível bioquímico, onde a planta paralisa o crescimento ou diminui as atividades metabólicas durante o estresse hídrico, acumulando reservas metabólicas e reiniciando o crescimento quando a água torna-se disponível (Masojidek et al., 1991; Embrapa, 2011).

Após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse. Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados pouco utilizados no período de estresse, que ficam disponíveis para estimular o crescimento, quando a água se torna novamente disponível (Donatelli et al., 1992).

Durante a primeira fase de crescimento da cultura, que vai da semeadura, germinação até a iniciação da panícula (EC1), é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento da plântula, uma vez que a planta é

pequena e tem um crescimento inicial lento, onde um bom estande, com rápida formação de folhas e sistema radicular é desejável para enfrentar possíveis estresses ambientais durante o seu ciclo. Na fase seguinte (EC2) que compreende a iniciação da panícula até o florescimento, se afetados, os processos de desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca e o estabelecimento de um número potencial de sementes comprometerão o rendimento final. A terceira fase de crescimento (EC3) vai da floração à maturação fisiológica. Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados, visando um bom rendimento da cultura (Magalhães et al., 2011).

O caráter produção de massa verde para cultivares de sorgo sacarino está diretamente relacionado com altura de plantas e diâmetro do colmo, que, por sua vez, são caracteres altamente influenciáveis pelas condições ambientais e pelas práticas de manejo adotadas, especialmente arranjo de plantas, época de semeadura e adubação (May et al., 2012a).

As plantas, de maneira geral, podem realizar competição entre si, intraespecífica, e com outras plantas, interespecíficas, por utilização de recursos do meio (luz, água, nutrientes e CO₂). A duração do tempo da competição determina prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas. Uma redução considerável no crescimento de espécies, tanto em combinações intra como interespecíficas, é resultante da competição espacial entre grupos de plantas que ocupam o mesmo local em um determinado período de tempo.

O aumento da capacidade competitiva de plantas é atribuído à emergência precoce, elevado vigor de plântulas, rapidez de expansão foliar, formação de dossel denso, elevada altura de planta, ciclo de desenvolvimento longo e rápido crescimento do sistema radicular (Rees e Bergelson, 1997; Haugland e Tawfuq, 2001 e Sanderson e Elwinger, 2002). Plantas portadoras de elevada velocidade de emergência e de crescimento inicial possuem prioridade na utilização dos recursos do meio e, por isso, geralmente levam vantagem na utilização destes, em relação a plantas com baixo desenvolvimento inicial (Gustafson et al., 2004).

O ambiente do solo é determinante de como se dá a competição entre plantas, principalmente o teor de umidade. Lemaire (2001) concluiu que, quando a camada superior do solo apresenta baixa umidade, o crescimento de gramíneas pode ser impedido pela redução da absorção de N, P e K, enquanto a absorção de água é mantida em nível ótimo, por meio da absorção de água nas camadas mais profundas do solo. Assim, em condições secas, o crescimento de plantas de sistema radicular profundo pode ser reduzido por meio da deficiência induzida pela seca de N, P e K, antes de ocorrer o estresse hídrico.

Para compreender a habilidade competitiva das plantas acima do solo, é necessário entender o funcionamento da população de plantas. Segundo Lemaire (2001), o funcionamento de uma população de plantas pode ser estudado em diferentes níveis de organização: órgãos da planta, perfilhos e população da planta. O enfoque clássico dado para a modelagem de cultura considera a população de plantas como uma entidade total que troca energia e massa com o ambiente. O funcionamento de tal sistema é, portanto, caracterizado por fluxo de energia (radiação, calor sensível) e massa (CO_2 , H_2O e minerais) entre a população de planta total, solo e atmosfera.

A eficiência fotossintética, representada pela incorporação do CO_2 atmosférico, pode definir o sucesso de plantas sob competição. A resposta instantânea e primária da elevação do CO_2 atmosférico para as plantas é um aumento da fotossíntese como consequência da repressão da fotorrespiração e aumento do suplemento de substrato, e uma diminuição da taxa de transpiração das folhas, devido ao fechamento parcial dos estômatos. Neste sentido, Poorter e Navas (2003) concluíram que a resposta de plantas isoladas a elevados níveis de CO_2 deve-se, principalmente, ao aumento da taxa de fotossínteses e redução das perdas de água por transpiração. Há diferenças entre grupos de espécies, com relação ao acúmulo de biomassa em resposta à elevação dos níveis de CO_2 atmosférico, sendo que as espécies C4 respondem menos que as espécies C3 de rápido crescimento. Porém respondem mais que espécies C3 de crescimento lento.

A altura da planta é outra característica importante e pode influenciar na competição, dependendo da cultura, do modo de crescimento da planta daninha e do período de competição. Essa característica, juntamente com a área foliar, pode influenciar a habilidade competitiva das plantas daninhas, reduzindo a penetração

da luz e refletindo em menores perdas na produção (Duarte et al., 2002). Espécie com maior habilidade competitiva é aquela que desenvolve mais rapidamente uma arquitetura para interceptar luz: rápida expansão de área foliar e rápida colonização da camada superior do dossel por meio do alongamento da bainha, pecíolo e entrenós do colmo (Lemaire, 2001).

Alta produção vegetal pode ser uma vantagem da competição em plantas produtivas onde competição por luz é importante. Porém, em condições de baixos níveis de umidade ou em um solo pobre em nutriente, quando a intensidade de competição acima do solo é baixa, a planta maior pode não ser a melhor adaptada, desta maneira, não expressando sua habilidade competitiva (Haugland e Tawfiq, 2001).

Durante o ciclo, a planta de sorgo depende das folhas como os principais órgãos fotossintéticos, e a taxa de crescimento da planta depende tanto da taxa de expansão da área foliar como da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. À medida que a copa da planta se fecha, outros incrementos no índice de área foliar têm pouco ou nenhum efeito sobre a fotossíntese, a qual passa a depender da radiação solar incidente e da estrutura da copa vegetal.

As taxas de fotossíntese das folhas do sorgo vão de 30 a 100 mg CO₂ dm⁻²h⁻¹, dependendo do material genético, intensidade de luz fisiologicamente ativa e da idade das folhas. Folhas de sorgo contêm um grande número de estômatos, por sinal tem sido estimado que estas possuem 50% a mais de estômatos por unidade de área do que a planta de milho, porém os estômatos do sorgo são menores. O número total de folhas numa planta varia de 7 a 30, sendo geralmente de 7 a 14 para genótipos adaptados de sorgo granífero e sacarino (Magalhães et al., 2011).

Albuquerque et al. (2010) ao avaliar os espaçamentos 50; 70; 90 e 110 cm e populações de 100 mil, 150 mil, 200 mil e 250 mil plantas ha⁻¹ para as variedades de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 507 em diferentes locais da região Norte do Estado de Minas Gerais, observaram que o aumento da população em até 250 mil plantas ha⁻¹ incrementou a produtividade de biomassa verde, porém, sem elevações na massa de colmo por hectare, devido à redução do diâmetro com o aumento do número de plantas por hectare.

Ao avaliar o cultivar de sorgo sacarino BR 506 em Pelotas – RS, Emygdio et al. (2011) obtiveram maior produção de colmos por hectare quando submetido

ao espaçamento entrelinhas de 50 cm, independentemente da população de plantas. A produtividade média de colmos foi de 70 t ha⁻¹ em espaçamento de 50 cm e 48 t ha⁻¹ para o espaçamento de 70 cm.

May et al. (2012b) avaliando diferentes arranjos de plantas para o cultivar de sorgo sacarino CMSXS 647, concluíram que alteração no espaçamento entrelinhas ou na população de plantas influenciou o crescimento das plantas, resultando em maiores produtividades de biomassa quando cultivada em menores espaçamentos de entrelinhas e maiores populações de plantas. Os mesmos autores afirmaram que a redução no espaçamento entrelinhas apresenta maior influência no aumento da produção de biomassa fresca de colmos do que a densidade de plantas.

Em relação à época de semeadura, o período adequado de implantação para culturas agrícolas, embora tenha pouco impacto no custo de produção, certamente tem grande influência na produtividade final. Para determinar a tomada de decisão quanto à época de semeadura, é importante conhecer os fatores de riscos, que tendem a ser minimizados, quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas à produção.

A cultura do sorgo sacarino está sendo incluída no setor sucroenergético com a proposta de matéria-prima complementar à cana-de-açúcar, com objetivo principal de antecipar a safra, entrando nas moendas em março/abril, reduzindo a necessidade de matéria-prima vinda da cana-de-açúcar em época de baixa qualidade dos canaviais. Para tanto, o semeio do sorgo deve ocorrer, preferencialmente, em novembro/dezembro do ano anterior, já que o ciclo dos cultivares atuais disponíveis no mercado é de 100-120 dias.

Entretanto, além da semeadura na entressafra em áreas de reforma de canaviais, vislumbra-se a introdução do sorgo sacarino em conjunto com a cana-de-açúcar durante a safra, aumentando assim a janela para colheita e, conseqüentemente, a semeadura em diferentes épocas do ano. Vale ressaltar que, possivelmente, não exista material genético apropriado atualmente, que resultem em alto rendimento para semeadura tardia, nos meses de março/abril, devido principalmente à grande influência de temperaturas baixas noturnas, não tolerantes pelo sorgo sacarino (Sordi, 2011; Bandeira et al. 2012).

Neste contexto, alguns poucos estudos foram realizados no passado e outros mais recentes foram desenvolvidos, com objetivo de avaliar melhores

épocas de semeio e avaliação de genótipos de sorgo sacarino em diferentes regiões no Brasil.

Esteves et al. (1981), avaliaram o efeito de seis épocas de semeadura, entre outubro e janeiro, em dez cultivares de sorgo no município de Lorena (SP) e concluíram que a semeadura na segunda quinzena de outubro resultou em maior altura de plantas, peso médio de colmos e concentrações superiores de sólido solúveis totais.

Avaliando o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino em Sinop (MT), Tardin et al. (2012) concluíram relativa superioridade das variedades sacarinas CMSXS 630, CMSXS 634 e CMSXS 647 em relação aos híbridos quando se refere ao teor de sólidos solúveis (Brix) e produção de caldo, mas ressaltaram que novos testes em diferentes locais e anos, devem ser realizados para recomendação segura de cultivares de sorgo sacarino no Mato Grosso.

Bandeira et al. (2012) estudaram o desempenho dos cultivares BRS 506 e FEPAGRO19 em três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) em Santa Maria (RS), e concluíram que a semeadura de novembro foi a mais adequada por não sofrer com quedas acentuadas de temperaturas diurnas e noturnas e, períodos de excesso hídrico ocorridos no mês de outubro ou por altas temperaturas do ar (média de 42°C) no mês de dezembro.

2.3. Viabilidade do sorgo sacarino na produção de etanol

A utilização do sorgo sacarino para produção de etanol, do ponto de vista de processamento industrial, pouco se difere da cana-de-açúcar (Tabela 2). Ao chegar à indústria, a matéria-prima é quantificada e amostras são retiradas aleatoriamente para a determinação de sua qualidade através de ensaios laboratoriais. As análises realizadas para o sorgo sacarino nesta etapa podem seguir o procedimento já adotado na usina. Ensaios feitos, segundo o Manual de Instruções da Consecana – SP (2006) mostraram-se parcialmente adequados, onde a principal diferença encontrada é a presença de interferentes na leitura sacarimétrica e na clarificação do caldo prensa do sorgo quando se utiliza Octapol como agente clarificante. Se a presença de interferentes resultar em distorção das análises, recomenda-se determinação dos Açúcares Redutores Totais (ART) pelo método do digestor para comparação (Embrapa, 2012b).

Tabela 2. Parâmetros de interesse industrial para sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

Parâmetro	Sorgo Sacarino	Cana-de-Açúcar
Brix caldo (%)	15 – 19	18 – 25
Pureza (%)	60 – 75	80 – 90
Fibra (%)	12 – 20	10 – 15
Sacarose caldo (%)	8 – 13	14 – 22
AR (Açúcares Redutores) caldo (%)	1 -3	0,5 – 1
Glicose caldo (%)	0,5 – 2	0,2 – 1
Frutose caldo (%)	0,5 - 1,5	0 - 0,5
ART (Açúcares Redutores Totais) caldo (%)	12 – 17	15 – 24
Amido caldo (%)	0,1 – 0,5	0,001 – 0,05

Zhao et al. (2009) avaliaram três épocas de corte em cinco cultivares de sorgo sacarino, após o florescimento (0, 20 e 40 DAF) e obtiveram rendimentos entre 1.281 L ha⁻¹ e 5.414 L ha⁻¹ de etanol.

Borges et al. (2010) caracterizaram o caldo extraído dos colmos do cultivar de sorgo sacarino BRS 506 e concluíram que é possível produzir entre 50 e 65 litros de etanol por tonelada de colmos e, estimaram produção de etanol entre 4.544 L ha⁻¹ e 6.636 L ha⁻¹

Por outro lado, Parrella et al. (2010) avaliando o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes, visando a produção de etanol defenderam que é possível produzir entre 40 e 70 litros do biocombustível por tonelada de biomassa. Emygdio et al, (2011) estimaram, para o cultivar de sorgo sacarino BR 506, considerando as produtividades médias de colmos obtidas em Pelotas, RS, entre 48 e 70 t ha⁻¹, em média 55 litros de etanol por tonelada de colmos, o que seria possível produzir, entre 2.640 L ha⁻¹ e 3.850 L ha⁻¹ de etanol.

Em avaliações do processamento industrial feitas até o momento em usinas de grande porte, foi encontrado rendimento de até 60 litros de etanol por tonelada de sorgo sacarino processado. Estes rendimentos foram obtidos em usinas que processaram o sorgo pela primeira ou segunda vez (Embrapa, 2012b).

A princípio, baseando-se nos preços atuais, a produção de 45 a 50 t ha⁻¹ de biomassa e 2400 L ha⁻¹ de etanol em usina com cogeração de energia torna viável o sorgo sacarino. Entretanto, com o melhoramento de cultivares, o sorgo tem potencial de produzir 80 t ha⁻¹ de biomassa, 5.500 l ha⁻¹ de etanol de 1^a

geração e 3.000 L ha⁻¹ de etanol de 2^a geração (etanol celulósico), sendo justamente esse potencial que fez surgir o grande interesse na cultura (Miranda et al., 2012).

Esses resultados promissores reforçam a ideia de que a produção de etanol, a partir de sorgo sacarino, é importante alternativa para complementar a cana-de-açúcar e otimizar o uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra na indústria sucroenergética, podendo proporcionar prolongamento do funcionamento das usinas, aumentando a eficiência das mesmas e reduzindo custos de produção.

3. TRABALHOS

3.1. INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SORGO SACARINO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEIO

RESUMO

O trabalho objetivou avaliar a interferência do espaçamento entrelinhas e população de plantas sobre a produção do sorgo sacarino semeadas em safra e safrinha. Os ensaios foram conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), em um Latossolo Vermelho Distrófico, na safra 2011/2012. Para as duas épocas de semeio, as parcelas foram compostas por cinco espaçamentos entrelinhas (50; 60; 70 e 80 cm e linha dupla 100x50 cm), e as subparcelas por quatro populações de plantas de sorgo sacarino (80.000, 100.000, 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com três repetições. Utilizou-se a variedade de sorgo sacarino BRS 506. O ensaio de safra foi implantado em novembro/2011 e de safrinha em março/2012, sendo realizadas colheita e avaliações das características produtivas, 120 dias após o semeio. A época de semeio no período de safra resultou em maior rendimento de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea, massa de caldo e Brix do sorgo sacarino, independente do arranjo de plantas. O espaçamento de 50 cm entrelinhas resultou em maior produção de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente da época de semeio. O

espaçamento duplo resultou em valores similares ao espaçamento de 80 cm para as principais variáveis produtivas, independente da época de sementeio. As populações de plantas não influenciaram o rendimento de matéria fresca de colmos e massa de caldo, independente da época de sementeio. O cultivar BRS 506 apresentou maior resultado para as principais variáveis produtivas na sementeadura de safra em relação à safrinha.

Palavras-chaves: arranjo de plantas, biocombustíveis, manejo cultural, bioenergia, cultivares

ABSTRACT

INFLUENCE OF SPACING AND PLANT POPULATION FOR SWEET SORGHUM IN DIFFERENT SEEDING SEASONS

The work aimed to evaluate the interference of row spacing plant population on the production of sweet sorghum sown in crop season and off-season. The tests were conducted at Embrapa Maize and Sorghum, Sete Lagoas (MG) in a oxisol in 2011/2012 season. For two seasons of sowing, the plots were composed of five row spacings (50, 60, 70 and 80 cm 100x50 cm double line) and the subplots of four plant populations of sweet sorghum (80.000, 100.000, 120.000 and 140.000 plants ha⁻¹). The experimental design was a randomized block design (RBD) with three replications. It was used the variety of sweet sorghum BRS 506. The test in crops season was implanted in November/2011 and off season in March/2012, being carried harvesting and evaluations of production traits, 120 days after sowing. The time of sowing in the crop season resulted in higher yield of fresh matter of stalks, fresh total biomass of the aerial part, mass of juice Brix of sweet sorghum, regardless of plant arrangement. The spacing of 50 cm between rows resulted in higher total biomass production of aerial part and juice mass, regardless of the time of sowing. The double spacing resulted in values similar to the spacing of 80 cm for the main production variables, regardless of the time of sowing. Plant populations did not influence the yield of fresh stalks and juice mass, regardless of the time of sowing. The plant population did not affect the yield of fresh mass of stems and broth, regardless of the time of sowing. The BRS 506

showed higher results for the main variables production in the crop season in relation to the off-season.

Key words: plant arrangement, biofuels, crop management, bioenergy, cultivars

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) do mundo, com moagem na safra 2011/2012, de 560,36 milhões de toneladas, com queda de 11,34% em relação à safra 2010/2011, que foi de 623,91 milhões de toneladas. As causas foram diversas, mas, o clima foi o principal causador da queda da produção, em consequência das adversidades ocorridas a partir do mês de abril até outubro de 2010, com chuvas escassas em toda a região Centro-Oeste e Sudeste. A produção de etanol total na safra 2011/2012 foi de 22,86 bilhões de litros, 17,22% menor que a produção da safra 2010/11, queda esta relacionada ao preço mais atrativo para produção de açúcar em detrimento ao etanol, no entanto, para produção do biocombustível foram destinados 52,7% da produção de Açúcar Total Recuperável (ATR) ou o equivalente a 295,31 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (Conab, 2012).

A frota brasileira de veículos *flex-fuel* já totaliza mais de 18,2 milhões de unidades, com acréscimo médio anual nos últimos quatro anos de 2,6 milhões de veículos (Anfavea, 2012; MME, 2012). Este contraste entre o crescimento da frota e da produção de cana-de-açúcar diminui a competitividade do etanol em relação à gasolina. Assim, diante de uma demanda cada vez mais aquecida, os produtores estão enfrentando dificuldades em cumprir os contratos de venda, com o aumento do custo de produção do etanol, ficando o biocombustível pouco atrativo em relação à gasolina, devido ao congelamento do preço do combustível fóssil. Para suprir o mercado, o setor tem que retomar o movimento de expansão, aumentando não só a capacidade industrial, mas principalmente área cultivada com matéria-prima, além de manter a idade média do canavial reduzida, o que resultará em produtividades adequadas, diminuindo o custo de produção da matéria-prima.

Neste cenário, o sorgo sacarino apresenta-se como alternativa promissora para complementação no fornecimento de matéria-prima para indústria sucroenergética. O sorgo sacarino é o termo utilizado para descrever tipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) que apresentam altas concentrações de açúcar nos colmos, sendo cultivado em diversos países com finalidade de produzir alimento, forragem para animais, fibra e energia, têm larga adaptabilidade, são tolerantes à seca e podem produzir entre 40-70 t ha⁻¹ de biomassa com o Brix variando de 16 até 23% (Almodares e Hadi, 2009).

O alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo é comparado à cana-de-açúcar, com o benefício de obter esse rendimento em período mais curto, utilizando cultivares que variam o ciclo de 100 a 120 dias. A propagação é realizada via sementes, necessitando de estrutura simples, semeadora de grãos, para implantação de áreas comerciais.

O sorgo sacarino pode ser colhido durante a entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria sucroenergética, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. Além disso, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita em relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como excelente matéria-prima para produção de etanol, tendo como primeira estratégia, seu cultivo nas áreas de renovação, visando antecipar o período de moagem em cerca de 45 dias (Teixeira et al., 1997; Parrella et al., 2010).

Estudos têm revelado que a redução do espaçamento entrelinhas para a cultura do sorgo sacarino resulta em ganhos em caracteres agronômicos, de importância para a produção de etanol. Para população de plantas, o resultado dos estudos nem sempre indicam efeito sobre as principais variáveis de produção, em decorrência do ambiente e pelos espaçamentos avaliados em cada estudo.

Albuquerque et al. (2010) ao avaliar os espaçamentos 50; 70; 90 e 110 cm e populações de 100 mil, 150 mil, 200 mil e 250 mil plantas ha⁻¹ para as variedades de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 507 em diferentes locais da região Norte do Estado de Minas Gerais, observaram que o aumento da população em até 250 mil plantas ha⁻¹ propiciou incrementos na produtividade de biomassa verde, porém, sem elevações na massa de colmo por hectare, devido à redução do diâmetro com o aumento do número de plantas por hectare.

Ao avaliar o cultivar de sorgo sacarino BR 506 em Pelotas – RS, Emygdio et al. (2011) obtiveram maior produção de colmos por hectare quando submetido ao espaçamento entrelinhas de 50 cm, independentemente da população de plantas avaliada, que foram 120.000, 140.000 e 160.000 plantas ha⁻¹. A produtividade média de colmos foi de 70 t ha⁻¹ em espaçamento de 50 cm e 48 t ha⁻¹ para o espaçamento de 70 cm.

May et al. (2012a) avaliando diferentes arranjos de plantas para o cultivar de sorgo sacarino CMSXS 647, concluíram que alteração no espaçamento entrelinhas ou na população de plantas, influenciou o crescimento das plantas, resultando em maiores produtividades de biomassa quando cultivada em menores espaçamentos de entrelinhas e maiores populações de plantas. Os mesmos autores afirmaram que a redução no espaçamento entrelinhas, apresenta maior influência no aumento de produção de biomassa fresca de colmos, do que a densidade de plantas.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do arranjo de plantas e da época de semeadura na região central do Estado de Minas Gerais, através da combinação entre o espaçamento entrelinhas, a população de plantas e cultivo em condições de safra e safrinha, nas características agronômicas do sorgo sacarino.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na sede da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, na região central do Estado de Minas Gerais, durante o período de 09 de novembro de 2011 a 16 de julho de 2012.

O município de Sete Lagoas situa-se a 19° 27' 57" latitude Sul e 44° 14' 49" de longitude Oeste com altitude média de 767 metros e relevo plano a levemente ondulado. Segundo o sistema Köppen, o clima é classificado, como Cwa, com inverno seco e verão úmido com chuva. A temperatura do ar média anual é de 21,1°C e a amplitude térmica está em torno de 6 °C. As temperaturas mais baixas são da ordem de 11,5 °C, registradas nos meses de junho e julho, as mais elevadas estão na faixa de 28,5 a 30 °C, verificadas nos meses de outubro a março. Os meses de agosto e setembro são os mais secos do ano com UR do ar de cerca de 58% e janeiro, fevereiro, março e dezembro são os meses mais

úmidos (UR do ar de 76,2; 74,3; 74,8; e 76,7 %, respectivamente). A estação seca se estende de maio a setembro, período em que são registradas precipitações mensais na faixa de 9 a 40 mm e a estação chuvosa compreende o período dos meses de novembro a março com precipitações mensais variando de 150 a 290 mm aproximadamente. A precipitação pluvial total média anual histórica é de 1.384 mm. Os maiores períodos de insolação acontecem nos meses de abril a setembro e são da ordem de 8 a 9 horas por dia (Gomide et al., 2006).

Os dados climáticos referentes ao período da condução do experimento estão representados na Figura 1.

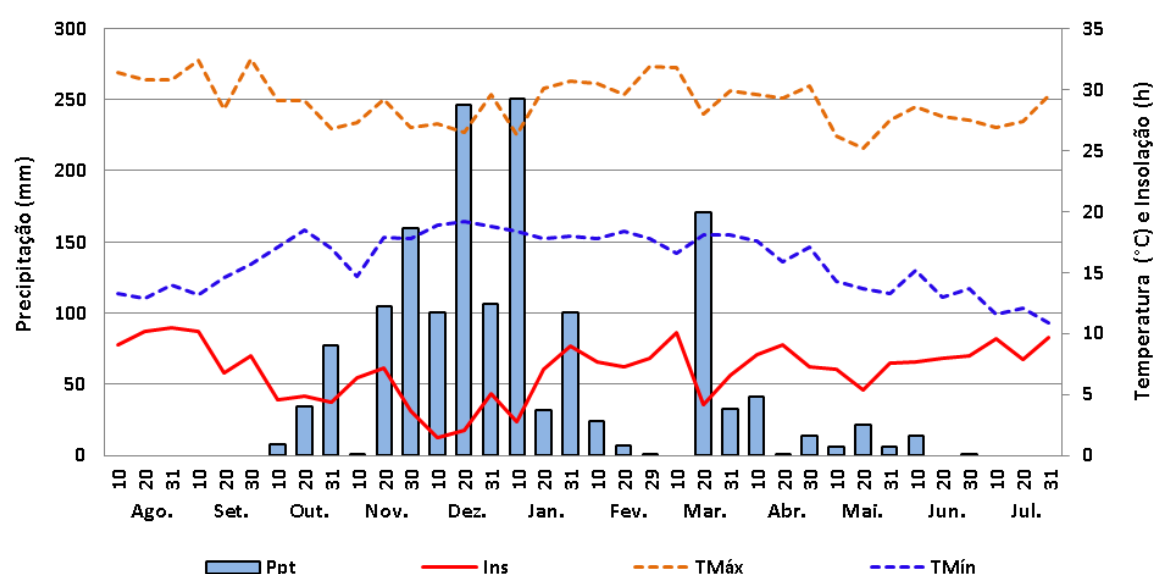


Figura 1. Dados climáticos por decêndio durante o período de agosto de 2011 a julho de 2012 em Sete Lagoas - MG. Precipitação decêndio (Ppt), médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e Insolação (Ins). Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Distrófico, com drenagem moderada e textura argilosa, em torno de 60, 32 e 8% de argila, silte e areia total, respectivamente. O histórico da área é de pousio por quatro anos. A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 6,4; P = 32,89 (mg dm⁻³); K⁺ = 107 (mg dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,27 (cmolc dm⁻³); Mg⁺⁺ = 0,80 (cmolc dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,02 (cmolc dm⁻³); H⁺+Al = 5,38 (cmolc dm⁻³); M.O. = 2,7 (dag dm⁻³); CTC = 10,7 (cmolc dm⁻³); V (%) = 50,0 e m (%) = 0,34. A calagem não foi necessária, pois a saturação por bases encontrava-se no nível adequado para a cultura do sorgo sacarino, de acordo com Alvarez et al. (1999).

Foram instalados dois ensaios em parcelas subdivididas em duas épocas, a primeira época para o período de safra e outro para o período safrinha. Em cada ensaio, as parcelas foram compostas por cinco espaçamentos entrelinhas (50; 60; 70; e 80 cm e linha dupla 100 x 50 x 50 cm), e as subparcelas por quatro populações de plantas de sorgo sacarino (80.000, 100.000, 120.000 e 140.000 plantas ha⁻¹). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com três repetições.

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de acordo com o tratamento, onde foram consideradas como área útil, as duas linhas centrais eliminando-se 50 cm de cada extremidade. Foi utilizada a variedade de sorgo sacarino BRS 506, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, sendo realizada uma aração e duas gradagens, antes da instalação dos experimentos. Os diferentes espaçamentos entrelinhas foram demarcados com auxílio de um trator acoplado com sulcador “bico de pato”. Após a marcação de toda a área foi realizada adubação de base no fundo do sulco, na dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, equivalente a 32 kg ha⁻¹ de N, 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 64 kg ha⁻¹ de K₂O, baseando na expectativa de produção de biomassa total da parte aérea superior de 60 t ha⁻¹ (Alves et al., 1999). Em seguida, o adubo foi revolvido no sulco com auxílio de um sacho, a fim de evitar baixa germinação pelo contato direto deste com a semente.

A semeadura foi realizada dia nove de novembro de 2011 para o experimento da safra e 15 de março de 2012 para o período de safrinha. As duas semeaduras foram realizadas manualmente com auxílio de réguas marcadoras, que foram desenvolvidas de acordo com cada população de plantas proposta. Em cada marcação foram depositadas três sementes de sorgo sacarino, a fim de garantir a germinação de pelo menos uma plântula por marcação semeada e realizar o arranjo de plantas adequado de acordo com cada tratamento, realizando posterior raleio 15 dias após a semeadura (DAS), deixando-se apenas uma planta por cada ponto de semeio. A adubação de cobertura foi realizada para safra e safrinha quando as plantas estavam com 3-4 folhas definitivas, na dose de 400 kg ha⁻¹ de 20-02-20 aos 20 DAS e 90 kg ha⁻¹ de ureia aos 35 DAS, para fornecimento total de 120 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A cultura foi irrigada

semanalmente por aspersão convencional, com lâmina de 10 mm, de forma suplementar à precipitação local.

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos registrados para a cultura, conforme a necessidade de cada época de semeio.

A colheita dos ensaios de safra e de safrinha foi realizada 120 DAS. As variáveis analisadas em cada parcela foram altura de plantas (distância média em metros da base rente ao solo até a extremidade das panículas, em dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela); diâmetro de colmo (distância média em milímetros no terço médio do colmo, em dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela); número de perfilhos planta⁻¹ (contagem do número de perfilhos na área útil, e posterior conversão para perfilhos por planta); matéria fresca de colmos (pesagem em kg da massa fresca dos colmos da área útil eliminando folha e panícula, no momento que os grãos atingiram aspecto farináceo, e posterior conversão em Mg ha⁻¹); matéria fresca de folhas ha⁻¹ (peso médio em kg da massa fresca de folhas na área útil e posterior conversão em Mg ha⁻¹); matéria fresca de biomassa total da parte aérea ha⁻¹ (pesagem em kg das plantas da área útil e posterior conversão para Mg ha⁻¹); matéria seca de colmos planta⁻¹, matéria seca de folhas planta⁻¹ e matéria seca de panícula planta⁻¹ (pesagem média em gramas da matéria seca de colmo, folhas e panícula de dez plantas da área útil, obtido por secagem em estufa de circulação forçada a 65° C por 72 horas (Boaretto et al., 1999); massa de caldo ha⁻¹ (pesagem em kg do caldo extraído dos colmos de 10 plantas colhidas na área útil, passados uma única vez em moenda, e posterior conversão em Mg ha⁻¹) e °Brix (determinado por refratômetro digital de leitura automática, em amostra do caldo extraído dos colmos de dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela).

Os dados foram submetidos, inicialmente, à análise de variância individual para os experimentos em safra e safrinha. Posteriormente, a partir das observações das grandezas do quadrado médio do resíduo de cada experimento, foi realizada a análise conjunta, pois o experimento de safra foi considerado homogêneo em relação ao de safrinha, de acordo com diferença entre os quadrados médios do resíduo que foi menor que sete vezes (Pimentel Gomes, 2002). Com o fator espaçamento, procedeu-se a comparação pelo teste Tukey para verificar o efeito do espaçamento duplo em relação aos simples. Nas variáveis que o espaçamento duplo foi significativamente ($p < 0,05$) superior aos

demais, a discussão foi baseada no teste de médias (Apêndice). Para as variáveis que resultaram em valores inferiores ou ausência de diferença significativa do espaçamento duplo em relação aos demais espaçamentos, realizou-se análise de regressão para os espaçamentos simples (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001). Para população de plantas realizou-se análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 8.0, desenvolvido pela FUNARBE, UFV, de Viçosa-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância conjunta dos experimentos demonstraram que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre espaçamento e época para a variável altura de plantas. Assim procedeu-se o desdobramento para observar o efeito dos espaçamentos em cada época de semeadura.

Para o ensaio de safra não houve diferença significativa entre os espaçamentos avaliados, resultando em altura média de 2,93 m. Na safrinha, houve diferença significativa entre os espaçamentos, mas o duplo não diferiu significativamente dos espaçamentos simples, resultando em plantas com 2,80 m. Por outro lado, a altura de plantas decresceu linearmente com o aumento do espaçamento entrelinhas simples (Figura 1A). Assim, o aumento de 30 cm no espaçamento entrelinhas resultou em plantas 4% menores na semeadura de safrinha.

Resultados semelhantes foram verificados por outros autores (May et al., 2012b; Snider et al., 2012), em experimentos de avaliação de arranjo de plantas utilizando outros genótipos de sorgo sacarino. Além disso, o resultado deste trabalho também corrobora os resultados obtidos por esses autores na ausência de efeito da população de plantas sobre essa variável.

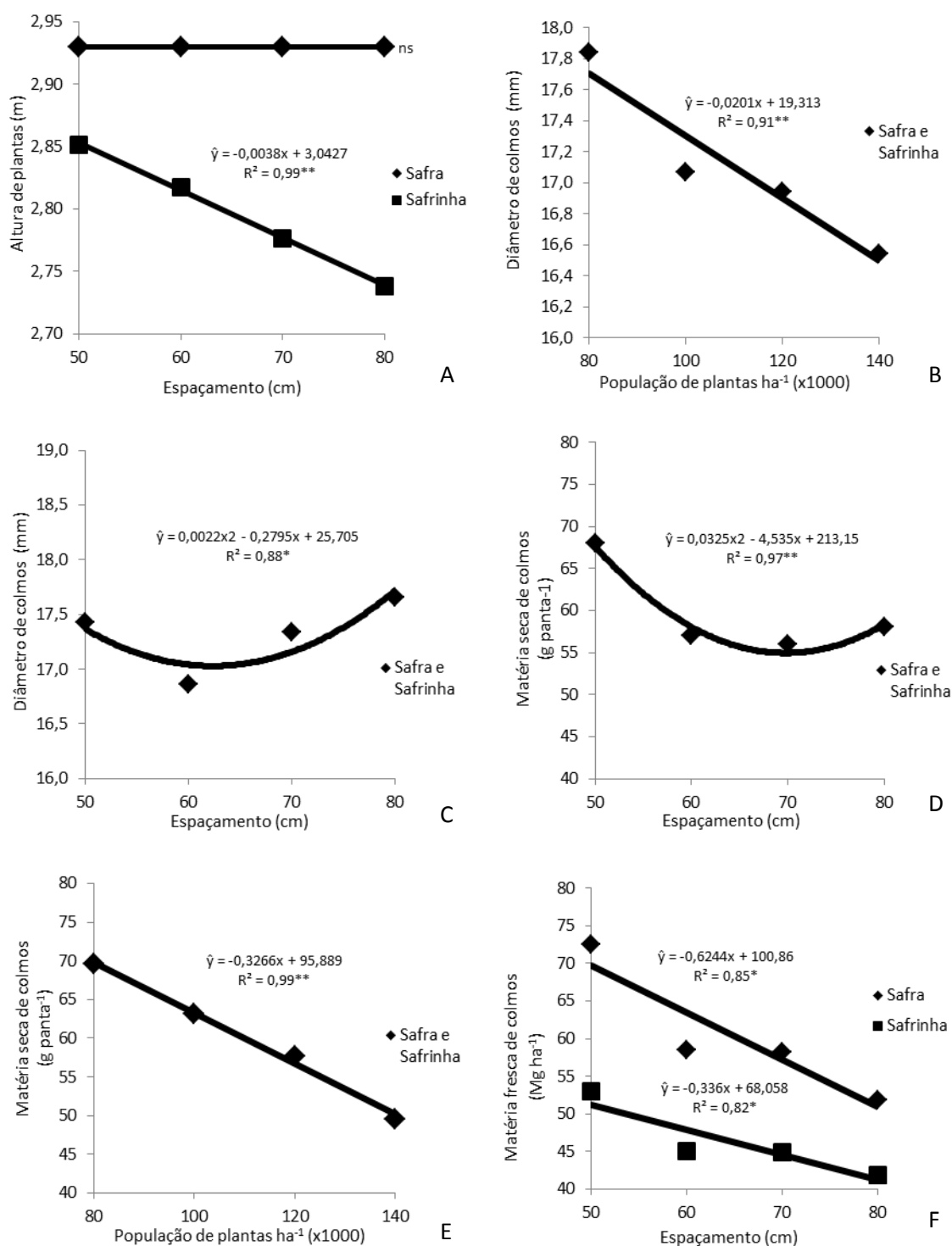


Figura 1. Altura de plantas (A), diâmetro de colmos (C), matéria seca de colmos (D) e matéria fresca de colmos (F) considerando espaçamentos simples entrelinhas e; diâmetro de colmos (B) e matéria seca de colmos (E) considerando população de plantas, em safra e safrinha do cultivar de sorgo sacarino BRS 506, em Sete Lagoas – MG.

A menor altura das plantas com o aumento do espaçamento entrelinhas possivelmente é decorrente da maior competição entre as plantas na linha de cultivo, considerando uma população de plantas média para os espaçamentos estudados. Da mesma forma, as plantas cultivadas no espaçamento reduzido tiveram crescimento em altura maior, devido à menor competição entre as plantas na linha de cultivo, e à melhor distribuição espacial das plantas, favorecendo o aproveitamento dos fatores de produção disponíveis em cada época de semeio. May et al. (2012b) afirmaram que a competição por luz é uma das modalidades de interferência que provoca maior impacto sobre o crescimento nas plantas, pois restringe a fonte predominante de energia aos processos básicos de recrutamento de elementos e de elaboração de todas as substâncias envolvidas no crescimento do vegetal.

Foram verificadas plantas de sorgo sacarino 5% maiores na safra em relação à safrinha ($p < 0,01$), possivelmente, devido à temperatura noturna baixa ocorrida no período de safrinha, em média $3,2^{\circ}\text{C}$ inferior em relação à safra, causando atraso na fase inicial de crescimento da cultura EC1 (germinação até a iniciação da panícula), uma vez que o sorgo sacarino é uma espécie C4, que diminui seu desenvolvimento diário em temperaturas menores que 15°C (Magalhães et al., 2003).

O fator população de plantas não resultou em efeito significativo para a variável altura de plantas.

Para a variável diâmetro de colmos houve efeitos significativos da população de plantas ($p < 0,01$) e espaçamento ($p < 0,05$). Ocorreu relação linear para o diâmetro de colmos, em função da população de plantas (Figura 1B). Com o aumento de 60.000 plantas ha^{-1} , observou-se decréscimo de $1,21$ mm no diâmetro de colmos. Esses resultados corroboram os obtidos por May et al. (2012a), onde afirmaram que o aumento da população de plantas ha^{-1} pode resultar na redução do diâmetro de plantas. Os mesmos autores também afirmam que a redução de diâmetro do colmo se correlaciona positivamente com o acamamento e quebramento de plantas.

Vale ressaltar que materiais de sorgo sacarino com panículas maiores, são mais susceptíveis ao acamamento em função de maior peso no ápice da planta. Assim, o uso de menores populações de plantas, visando diâmetro de colmo maior, pode reduzir a incidência desse problema.

Para o fator espaçamento entrelinhas, o duplo diferiu significativamente dos espaçamentos de 50, 70 e 80 cm, no entanto, não diferiu do espaçamento de 60 cm, resultando em média 16,53 mm de diâmetro de colmos. Para os espaçamentos simples entrelinhas, ocorreu relação quadrática para o diâmetro de colmos, em que o aumento do espaçamento até 63 cm entrelinhas, resultou em redução no diâmetro de colmos e, a partir deste ponto ocorreu incremento desta variável (Figura 1C), proporcionado, possivelmente, pelo aumento na interceptação da radiação solar pelo dossel da planta, aumentando a disponibilidade de fotoassimilados.

Para a variável número de perfilhos por planta, houve efeito ($p < 0,01$) para espaçamento entrelinhas e população de plantas. O espaçamento duplo não diferiu significativamente dos espaçamentos simples de 60, 70 e 80 cm entrelinhas, resultando em média 0,22 perfilhos planta⁻¹, no entanto, obtendo 50% menos perfilhos que o espaçamento de 50 cm.

Em relação aos espaçamentos simples, o número de perfilhos por planta aumentou linearmente em função da redução do espaçamento de 80 cm para 50 cm entrelinhas, notando-se aumento de 141% no número de perfilhos por planta, de acordo com a equação $\hat{y} = -0,0078x + 0,7883$ ($R^2 = 0,79^*$).

Esse comportamento não corrobora os resultados de Jones e Johnson (1997) e Baumhardt e Howell (2006), que estudaram o efeito de altas populações de plantas (79.000 e 158.000 plantas ha⁻¹ em espaçamentos simples de 38 e 76 cm) de cultivares de sorgo granífero em sequeiro e observaram interação entre espaçamentos e populações, resultando em menor número de perfilhos por planta, com menores espaçamentos entrelinhas e maiores populações de plantas. No entanto, a variável perfilhamento é uma característica dependente da genética do material utilizado, sendo, entretanto, altamente influenciada pelas condições ambientais de cultivo, arranjo de plantas e ciclo do cultivar.

Magalhães et al. (2007) afirmaram que o perfilhamento é influenciado pelo grau de dominância apical, que é regulado por fatores hormonais, ambientais e genéticos. A dominância apical é uma característica herdável e pode ser modificada por fatores ambientais como temperatura do ar, fotoperíodo e umidade do solo.

Em função da população de plantas, o número de perfilhos aumentou linearmente em 62,75% com a redução de 60.000 plantas ha⁻¹, de acordo com a

equação $\hat{y} = -0,004x + 0,7025$ ($R^2 = 0,99^{**}$). Esses resultados corroboram os obtidos por Magalhães et al. (2003), que afirmaram que menores populações de plantas resultam em maior possibilidade de perfilhamento, possivelmente pela maior disponibilidade de fotoassimilados de reserva na planta e devido à incidência de luz no colo da planta que resulta em alterações hormonais, que, por sua vez, estimula a emissão de perfilhos pela planta principal.

O espaçamento duplo resultou em média, $60,8 \text{ g planta}^{-1}$ de matéria seca de colmos e não diferiu significativamente ($p < 0,01$) do menor espaçamento e da média dos espaçamentos 60, 70, e 80 cm entrelinhas, sendo 11% menor e 7% maior, respectivamente. A matéria seca decresceu com o aumento do espaçamento simples entrelinhas até 69 cm, resultando $54,97 \text{ g planta}^{-1}$, a partir desse espaçamento verificou-se aumento de matéria seca (Figura 1D). Embora a equação de regressão demonstre uma tendência quadrática, nota-se que foi pequena a variação na distribuição das médias de massa de colmos por planta para os espaçamentos entrelinhas de 60, 70 e 80 cm.

A redução na massa de colmos por planta do espaçamento duplo e a partir do espaçamento simples de 50 cm entrelinhas, associada a redução no diâmetro de colmo, conforme apresentado na Figura 1C, pode ser decorrente da maior competição entre as plantas na linha de cultivo, decorrentes da distribuição média de plantas por área cultivada associada ao número de linhas por hectare, vinculadas a cada espaçamento estudado.

Para o fator população de plantas, foi observada relação linear, de modo que o aumento de 80.000 para 140.000 plantas ha^{-1} no estande resultou no decréscimo de $19,60 \text{ g planta}^{-1}$ de matéria seca de colmos (Figura 1E). Isto possivelmente foi provocado pelo aumento da competição por luz, água e nutrientes na linha de semeio, com o aumento da população de plantas, reduzindo assim o acúmulo de matéria seca de colmos planta^{-1} .

O resultado do acúmulo de matéria seca de colmos na safra foi 28,7% superior em relação à safrinha ($p < 0,01$), certamente devido ao atraso nos estádios de desenvolvimento, em função da temperatura noturna baixa na safrinha.

O espaçamento duplo resultou em média $25,20 \text{ g planta}^{-1}$, de matéria seca de folha, e não diferiu significativamente ($p < 0,05$) do menor espaçamento e da média dos espaçamentos 60, 70, e 80 cm entrelinhas, sendo 12% menor e 11%

maior, respectivamente. A matéria seca decresceu com o aumento do espaçamento simples entrelinhas até 69 cm, resultando em $22,50 \text{ g planta}^{-1}$, de acordo com a equação $\hat{y} = 0,0175x^2 - 2,465x + 108,35$ ($R^2 = 0,98^{**}$). A partir desse espaçamento, ocorreu acréscimo de matéria seca de folhas, embora pouco acentuado.

Assim, da mesma forma que foi observado para massa seca de colmos por planta, a massa seca de folhas também foi afetada pelo aumento do espaçamento entrelinhas, devido ao aumento do número de plantas na linha de cultivo, considerando uma população de plantas média para a apresentação da característica, demonstrando que o sorgo sacarino não suporta competição na linha de cultivo e que, para maiores produtividades por planta, o cultivo em espaçamentos simples reduzidos pode resultar em maiores médias de massa de colmos e folhas.

Para o fator população de plantas a relação foi linear ($p < 0,01$), em que o incremento de $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ reduziu o acúmulo de matéria seca de folhas em 36,18%, de acordo com a equação $\hat{y} = -0,1791x + 44,029$ ($R^2 = 0,99^{**}$) resultando em $18,95 \text{ g planta}^{-1}$ no estande de $140.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. O aumento da população de plantas por hectare pode proporcionar o aparecimento de doenças foliares, em razão das condições microclimáticas, resultando em menor acúmulo de matéria seca de folhas (Silva et al., 2012).

A matéria fresca de folhas foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) pela interação entre espaçamento e época de semeio. Assim procedeu-se o desdobramento para observar o comportamento do cultivar utilizando os diferentes espaçamentos entre as duas épocas de semeadura.

O espaçamento duplo na safra resultou em baixo acúmulo de matéria fresca de folhas, não diferindo significativamente ao observado para o maior espaçamento simples, acumulando $7,26 \text{ Mg ha}^{-1}$, no entanto, inferior 37% ao espaçamento de 50 cm entrelinhas, que resultou no maior acúmulo. Para safrinha, o acúmulo não diferiu significativamente ao observado nos espaçamentos simples de 50 e 80 cm, resultando em $6,72 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria fresca de folhas.

Em relação aos espaçamentos entrelinhas simples foi observada relação quadrática para as duas épocas de semeio, de modo que o aumento do espaçamento proporcionou decréscimo de matéria fresca de folhas até o espaçamento de 78 cm, de acordo com a equação $\hat{y} = 0,0044x^2 - 0,6941x +$

34,967 ($R^2 = 0,92^{**}$) para safra e, 67 cm para safrinha, de acordo com a equação $\hat{y} = 0,0038x^2 - 0,5192x + 23,123$ ($R^2 = 0,96^{**}$). A partir desses espaçamentos, ocorreram acréscimos de matéria fresca de folhas, embora pouco acentuado. O espaçamento simples de 50 cm esteve entre os espaçamentos que resultem em maior acúmulo de massa para as duas épocas de semeio, no entanto, a safra resultou em 4,60 Mg ha⁻¹ de massa a mais, em relação à safrinha.

Ocorreu relação quadrática ($p < 0,05$) para matéria seca de panícula em função da população de plantas, em que com o aumento de até 39.000 plantas ha⁻¹, ocorreu redução de massa e, a partir de 119.000 plantas ha⁻¹ ocorreu acréscimo de matéria seca, de acordo com a equação $\hat{y} = 0,0011x^2 - 0,2652x + 28,644$ ($R^2 = 0,85^*$), demonstrando que, com o aumento do número de plantas por hectare, associada à redução na massa seca de colmos (Figura 1E) e folhas, houve redução na capacidade fotossintética da planta, refletindo também na menor produção de panículas por planta com o aumento do número de plantas na linha de cultivo.

Em relação a variável matéria fresca de colmos, houve efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para época de semeio, espaçamento entrelinhas e interação entre espaçamento e época de semeio. Dessa forma, realizou-se o desdobramento para verificar o efeito dos espaçamentos no ensaio na safra e safrinha (Figura 1F).

Observou-se relação linear significativa, de modo que a matéria fresca de colmos reduziu com o aumento do espaçamento simples entrelinhas para as duas épocas de semeio. Para o ensaio de safra, a redução 80 cm para 50 cm no espaçamento entrelinhas resultou em aumento de 22,55 Mg ha⁻¹ da massa fresca de colmos e no experimento conduzido em safrinha o acréscimo foi de 10,71 Mg ha⁻¹.

O espaçamento duplo na safra não diferiu significativamente do espaçamento simples de 80 cm, resultando em média 48,9 Mg ha⁻¹ de matéria fresca de colmos, sendo 33% inferior ao espaçamento simples entrelinhas de 50 cm. Na safrinha, o duplo não diferiu significativamente dos espaçamentos simples de 60, 70 e 80 cm, resultando em média 43,10 Mg ha⁻¹, sendo 19% inferior ao espaçamento entrelinhas de 50 cm.

Esse incremento de matéria fresca com a redução do espaçamento entrelinhas também foi encontrado por Albuquerque et al. (2010), com os

cultivares BRS 506 e BRS 507 e May et al. (2012a) com o cultivar CMSXS 647, em experimentos no Estado de Minas Gerais, além de Snider et al. (2012) com híbrido de sorgo forrageiro denominado 1990 da empresa Sorghum Partners®, nos Estados do Alabama e Arkansas, nos Estados Unidos. Esse comportamento demonstra a alta influência que a alteração do total de metros lineares cultivados por hectare causa na produtividade de colmos por área cultivada, e conseqüentemente, a baixa capacidade de resposta que o sorgo sacarino apresenta para compensar o aumento do número de plantas na linha de cultivo.

Não houve influência do fator população de plantas na massa fresca de colmos para o cultivar estudado. Esse resultado corrobora os obtidos por Habyarimana et al. (2004), Wortmann et al. (2010) e Snider et al. (2012), que não verificaram efeito das populações avaliadas entre 79.000 a 233.000 plantas por hectare sobre a produtividade de diferentes cultivares de sorgo.

May et al. (2012a) avaliando o efeito de diferentes arranjos de plantas para o cultivar CMSXS 647 em Minas Gerais, observaram que o aumento da população de plantas não causou diferença significativa na produtividade de massa fresca de colmos, com exceção na menor população de plantas avaliada, 80.000 plantas ha⁻¹, associado ao menor espaçamento entrelinhas, 50 cm, resultando em menor rendimento.

Assim, resultados de produtividade de colmos de sorgo sacarino por área cultivada em função da população de plantas podem diferir conforme o ambiente e o cultivar estudado (Habyarimana et al., 2004; Wortmann et al., 2010).

O comportamento da variável matéria fresca de biomassa total da parte aérea foi similar ao observado para a matéria fresca de colmos, ocorrendo interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores espaçamento e época de semeio (Figura 2A). A massa de matéria fresca de biomassa total da parte aérea aumentou em 21,43 Mg ha⁻¹ com a redução de 80 cm para 50 cm do espaçamento simples entrelinhas no semeio de safra e 10,92 Mg ha⁻¹ na safrinha. Na safra, o comportamento do espaçamento duplo não diferiu significativamente do espaçamento simples de 80 cm, resultando em média 60,97 Mg ha⁻¹ de biomassa total da parte aérea, sendo 30% inferior ao espaçamento simples de 50 cm. No experimento conduzido em safrinha, o espaçamento duplo não diferiu significativamente dos espaçamentos simples de 60, 70 e 80 cm, resultando em média 52,82 Mg ha⁻¹, sendo 17% inferior ao espaçamento simples de 50 cm.

Para o espaçamento de 50 cm, que resultou nos melhores rendimentos nas duas épocas estudadas, observou-se produtividade 37,72% superior para a semeadura de safra em relação à safrinha. Esses resultados são justificados por temperaturas noturnas maiores, em média 3,2°C superior em relação à safrinha e condições climáticas favoráveis na safra. Além disso, o aumento da incidência observada de helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) na safrinha, também pode ter colaborado para menores produtividades, comparativamente ao cultivo na safra.

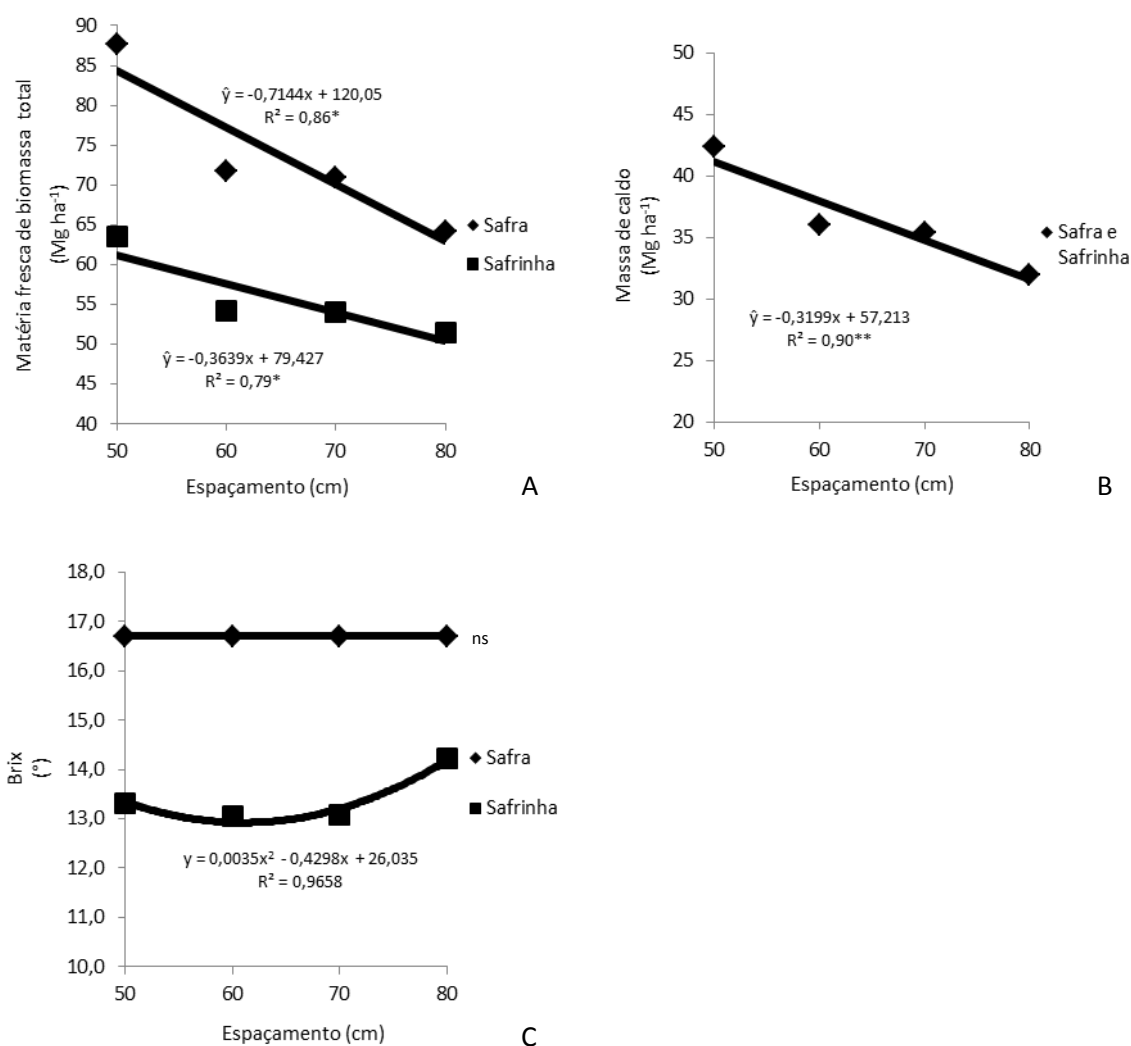


Figura 2. Matéria fresca de biomassa total da parte aérea (A), massa de caldo (B) e Brix (C) considerando espaçamentos simples entrelinhas, em safra e safrinha do cultivar de sorgo sacarino BRS 506, em Sete Lagoas – MG.

A massa fresca de colmos e biomassa total da parte aérea, mensuradas por área cultivada, não foram influenciadas pela alteração na população de

plantas. Contudo, o fator afetou as características de matéria seca de colmos, matéria seca de folhas, matéria seca de panícula, mensuradas por planta, bem como o diâmetro de colmos, podendo-se inferir que o maior número de plantas por área cultivada, com menor diâmetro de colmos e menor massa seca de colmos e folhas por planta, resultou na mesma produção de colmos, bem como biomassa total da parte aérea (colmos mais folhas) por hectare, demonstrando que a planta de sorgo sacarino do cultivar BRS 506 não tem capacidade produtiva sob condições de alta competição entre plantas e que há efeito de compensação das plantas quando cultivadas sob menor número de plantas por hectare.

A variável massa de caldo sofreu efeito altamente significativo do espaçamento entrelinhas ($p < 0,01$). A massa de caldo aumentou linearmente com a redução de 80 cm para 50 cm entrelinhas, resultando em acréscimo de 9,60 Mg ha⁻¹ (Figura 2B). O espaçamento duplo não diferiu significativamente do espaçamento simples de 80 cm, resultando em média 30,54 Mg ha⁻¹ de massa, sendo 28% menor em relação ao espaçamento de 50 cm, que acumulou maior massa de caldo.

O Brix foi afetado significativamente pela época de semeio, espaçamento entrelinhas simples e interação entre esses fatores ($p < 0,01$). Para o experimento conduzido na safra, não houve diferença significativa entre os espaçamentos avaliados (Figura 2C). Na época de semeio em safrinha, houve relação quadrática, onde o aumento do espaçamento entrelinhas de 50 cm até 60 cm, reduziu o Brix, a partir desse espaçamento ocorreu acúmulo de sólidos solúveis totais. O espaçamento duplo resultou em 2,57 °Brix a mais, em relação à média dos espaçamentos simples de 50, 60 e 70 cm entrelinhas, que resultaram em menor acúmulo. Vale ressaltar que independente do espaçamento entrelinhas, o ensaio semeado na safra resultou em caldo com 20,17% mais sólidos solúveis totais, em relação ao conduzido em safrinha.

Esse comportamento possivelmente ocorreu, devido às melhores condições climáticas, como temperaturas médias mais elevadas, não atrasando o desenvolvimento da planta, melhor distribuição de chuva durante o ciclo produtivo, com conseqüente menor susceptibilidade a incidência severa de pragas e doenças foliares (Mourão et al. 2012; Silva, et al., 2012), resultando em plantas bem desenvolvidas, com maiores ganhos em variáveis quantitativas e qualitativas.

Ao avaliar o melhor arranjo de plantas, é importante considerar que os principais componentes de produção de etanol em cultivares de sorgo sacarino são a massa fresca, os sólidos solúveis e a massa do caldo (Teetor et al., 2011). Estes autores afirmam que tais características podem ser correlacionadas. Sendo assim, práticas agrícolas visando seus incrementos no momento da colheita são de extrema importância.

CONCLUSÕES

A época de semeio no período de safra resulta em maior rendimento de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea, massa de caldo e Brix do sorgo sacarino, independente do arranjo de plantas.

O espaçamento de 50 cm entrelinhas resulta em maior produção de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente da época de semeio.

O espaçamento duplo resulta em valores similares ao espaçamento de 80 cm para as principais variáveis produtivas, independente da época de semeio.

As populações de plantas não influenciam o rendimento de matéria fresca de colmos e massa de caldo, independente da época de semeio.

O cultivar BRS 506 apresenta maior resultado para as principais variáveis produtivas na semeadura de safra em relação à safrinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, C. J. B.; Parrella, R. A. C.; Tardin, F. D.; Brant, R. S.; Simões, D. A.; Fonseca Júnior, W. B.; Oliveira R. M.; Jesus, K. M. (2010) Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 28; *Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho*, 4, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 2219-2224.

Almodares, A.; Hadi, M.R. (2009) Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (9):772-780.

- Alvarez V., V.H., Novais, R.F., Barros, N.F., Cantarutti, R.B., Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. *In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez V., V.H. (Ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32.
- Alves, V.M.C., Vasconcellos, C.A., Freire, F.M.; Pitta, G.V.E., França, G.E., Rodrigues Filho, A., Araújo, J.M., Vieira, J.R., Loureiro, J.E. (1999) Sorgo *In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.V.H. (Ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.325-327.
- Anfavea (2012) – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. Acessado em 10 jan. 2013. Online. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/br/2012/2012/anuarioanfavea2012.zip>
- Baumhardt, R.L.; Howell, T.A. (2006) Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. *Agronomy Journal*, 98:462-470
- Boaretto, A. E.; Chitolina, J. C.; Raij, B. van; Silva, F. C. da; Tedesco, M. J.; Carmo, C. A. F. de S. do (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. *In: Silva, F.C. da (org.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA – Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 49-73.
- Conab (2012) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2012/2013, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2013. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf

- Emygdio B.M.; Afonso, A.P.S; Oliveira, A.C.B.; Parrella, R.; Schaffert, R.E.; May, A. (2011) Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob diferentes densidades de plantas. Embrapa Clima Temperado. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 22 p.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 422p.
- Gomide, R. L.; Albuquerque, P. E. P.; Andrade, C. L.T.; Duraes, F. O. M.; Viana, J. H. M. (2006) Caracterização climática e determinação da necessidade hídrica de culturas do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas para a fenotipagem de genótipos de cereais tolerantes à seca. *Congresso Nacional de Milho de Sorgo, 26; Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda, 2.; Simpósio sobre colletotrichum graminicola, 1*, Belo Horizonte: Associação Brasileira de Milho e Sorgo 7p.
- Habyarimana, E.; Bonardi, P.; Laureti, D.; Di Bari, V.; Cosentino, S.; Lorenzoni, C. (2004) Multilocational evaluation of biomass sorghum hybrids under two stand densities and variable water supply in Italy. *Industrial Crops and Products, Tucson*, 20:3-9.
- Jones, O. R.; Johnson, G.L. (1997) Evaluation of a short season, high density production strategy for dryland sorghum. Texas: USDA-ARS. p.97-101
- Magalhães, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim técnico-86*, 4p.
- Magalhães, P. C.; Souza, T. C.; Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Parentoni, S. N. (2007) Avaliação das modificações morfológicas radiculares durante os ciclos de seleção do milho saracura tolerante a hipoxia. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 15. 23p.
- May, A.; Albuquerque, C. J. B.; Silva, A. F. DA; Pereira Filho, I. A. (2012a) Manejo e tratos culturais *In: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert,*

R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) . Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 22-31.

May, A.; Campanha, M.M.; Abreu, M. C.; Bertolino, K.M.; Silva, A.F.S.; Coelho, M.; Parrella, R.A.C.; Schaffert, R.E; Filho, A.P. (2012b) Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em Sete Lagoas - MG, *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29*, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2382-2389 p.

MME - Ministério de Minas e Energia (2012) Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis. Edição Nº 59 de Dezembro. Acesso em: 10 jan. 2013. Online. Disponível em: http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicações/boletim_mensal_combustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_059_-_dezembro_de_2012.pdf

Mourão, C.S.; Silva, D.D.; Parrella, R.A.; Cota, L.V.; Parrella, N.N.N.L.D., Souza, V.F.; Bernardino, K.C.; Santos, C.V.; Costa, R.K.; Schaffert, R.E. (2012) Efeito de doenças foliares no desenvolvimento de sorgo sacarino. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29*, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 749-755 p.

Parrella, R.A.C.; Meneguchi, J.L.P.; Ribeiro, A.; Silva, A.R.; Parrella, N.L.D.; Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.D. (2010) Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28; Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho, 4*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 256-263.

Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. (2002) *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos*. Piracicaba: Fealq, 309p.

Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 301p.

- Silva, D.D.; Cota, L.V.; Costa, R.V. Controle de doenças (2012) *In: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) (2012). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 68 - 84.*
- Snider, J. L.; Raper, R. L.; Schwab, E. B. (2012) 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*, 37:527-535.
- Teixeira, C.G.; Jardine, J.G.; Beisman, D.A. (1997) Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 17:221-229.
- Teetor, V. H.; Duclos, D. V.; Wittenberg, E. T.; Young, K. M.; Chawhuaymak, J.; Riley, M. R.; Ray, D. T. (2011) Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, v. 34:1293-1300.
- Wortmann, C.S., Liska, A.J., Ferguson, R.B., Lyon, D.J., Klein, R.M. & Dweikat, I. (2010). Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel. *Agronomy Journal.*, 102:319-326.

3.2. INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE SEMEADURA NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM DOIS CULTIVARES DE SORGO SACARINO NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RESUMO

O trabalho objetivou avaliar a interferência da época de semeadura em dois cultivares de sorgo sacarino na região central do Estado de Minas Gerais. O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), em Latossolo Vermelho Distrófico, na safra 2011/2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dez repetições, em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram compostas por seis épocas de semeadura (26 de outubro, 17 de novembro e 27 de dezembro de 2011 e 19 de janeiro, 7 de fevereiro e 28 de fevereiro de 2012) e as subparcelas por dois cultivares de sorgo sacarino (BRS 506 e CMSXS 647). A colheita e avaliações das características produtivas para cada época foram realizadas 120 dias após a semeadura. As épocas de semeadura em outubro e novembro apresentaram baixa insolação na região central de Minas Gerais e diminuiu o acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente do cultivar. A semeadura em dezembro na região central de Minas Gerais resultou em maior acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente dos cultivares de sorgo sacarino.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, parâmetros fitotécnico, biocombustíveis, bioenergia.

ABSTRACT

The research aimed evaluates the interference of the sowing season on two cultivars of sweet sorghum in the central region of Minas Gerais State. The experiment was conducted at Embrapa Maize and Sorghum in Sete Lagoas - MG, in Oxisol, in 2011/2012 season. The experimental design was a randomized blocks with ten replications in a split plot in time. The plots were composed by six sowing seasons (October 26, November 17 December 27 of 2011 and January 19, February 7 and February 28 of 2012) and the subplots by two cultivars of sweet sorghum (BRS 506 and CMSXS 647). The harvest and evaluations of productive characteristics for each sowing season were held 120 days after planting. The sowing dates in October and November have low insolation in central Minas Gerais and decreased the accumulation of fresh matter of stalks and the fresh total biomass of the aerial and juice mass, regardless of cultivar. Sowing in December in central Minas Gerais resulted in greater accumulation of fresh matter of stalks, fresh total biomass of the aerial parts and juice mass, regardless of cultivars of sweet sorghum.

Key words: *Sorghum bicolor* , crops science parameters, biofuels, bioenergy

INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) vem se destacando como uma cultura bastante promissora para produção de etanol no Brasil, tanto do ponto de vista agrônômico quanto industrial, por apresentar colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis. Essa espécie é cultivada em diversos países com finalidade de produzir alimento, forragem para animais, fibra e energia, tem larga adaptabilidade, é tolerante à seca e pode produzir entre 40-70 t ha⁻¹ de biomassa com o Brix variando de 16 até 23% (Almodares e Hadi, 2009).

O alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo é comparado à cana-de-açúcar, com o benefício de obter esse rendimento em período mais curto, utilizando cultivares que variam o ciclo de 100 a 120 dias. A propagação é realizada via sementes.

O sorgo sacarino pode ser colhido durante a entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria sucroenergética, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. Além disso, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita em relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como excelente matéria-prima para produção de etanol, tendo como primeira estratégia, seu cultivo nas áreas de renovação, visando antecipar o período de moagem em cerca de 45 dias (Teixeira et al., 1997; Parrella et al., 2010).

Entretanto, além da semeadura na entressafra em áreas de reforma de canaviais, vislumbra-se a introdução do sorgo sacarino para ser processado na safra com a cana-de-açúcar, aumentando assim a janela para colheita e, conseqüentemente, a semeadura em diferentes épocas do ano. Vale ressaltar que, possivelmente, não exista material genético apropriado atualmente, que resultem em alto rendimento para semeadura tardia, nos meses de março/abril, devido, principalmente, à grande influência de temperaturas baixas noturnas, não tolerantes pelo sorgo sacarino (Sordi, 2011; Bandeira et al. 2012).

Esteves et al. (1980), avaliaram o efeito de seis épocas de semeadura, entre outubro e janeiro, em dez cultivares de sorgo no município de Lorena – SP e concluíram que a semeadura na segunda quinzena de outubro resultou em maior altura de plantas, peso médio de colmos e concentrações superiores de sólido solúveis totais.

Avaliando o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino em Sinop (MT), Tardin et al. (2012) concluíram relativa superioridade das variedades sacarinas CMSXS 630, CMSXS 634 e CMSXS 647 em relação aos híbridos quando se refere ao teor de sólidos solúveis (Brix) e produção de caldo, mas ressaltaram que novos testes em diferentes locais e anos devem ser realizados para recomendação segura de cultivares de sorgo sacarino no Mato Grosso.

Bandeira et al. (2012) estudaram o desempenho dos cultivares BRS 506 e FEPAGRO19 em três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) em Santa Maria - RS, e concluíram que a semeadura em novembro foi a mais

adequada por não sofrer com quedas acentuadas de temperaturas diurnas e noturnas e, períodos de excesso hídrico ocorridos no mês de outubro ou por altas temperaturas do ar (média de 42°C) no mês de dezembro.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da semeadura em diferentes épocas nas características agronômicas em dois cultivares de sorgo sacarino na região central do Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na sede da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, na região central do Estado de Minas Gerais, durante o período de 26 de outubro de 2011 a 26 de junho de 2012.

O município de Sete Lagoas situa-se a 19° 27' 57" latitude Sul e 44° 14' 49" de longitude Oeste com altitude média de 767 metros e relevo plano a levemente ondulado. Segundo o sistema Köppen, o clima é classificado como Cwa, com inverno seco e verão úmido com chuva. A temperatura do ar média anual é de 21,1°C e a amplitude térmica está em torno de 6 °C. As temperaturas mais baixas são da ordem de 11,5 °C, registradas nos meses de junho e julho, as mais elevadas estão na faixa de 28,5 a 30 °C, verificadas nos meses de outubro a março. Os meses de agosto e setembro são os mais secos do ano com UR do ar de cerca de 58 % e janeiro, fevereiro, março e dezembro são os meses mais úmidos (UR do ar de 76,2; 74,3; 74,8; e 76,7 %, respectivamente). A estação seca se estende de maio a setembro, período em que são registradas precipitações mensais na faixa de 9 a 40 mm e a estação chuvosa compreende o período dos meses de novembro a março com precipitações mensais variando de 150 a 290 mm aproximadamente. A precipitação pluvial total média anual histórica é de 1.384 mm. Os maiores períodos de insolação acontecem nos meses de abril a setembro (Gomide et al., 2006). Os dados climáticos referentes ao período da condução do experimento estão representados na Figura 1.

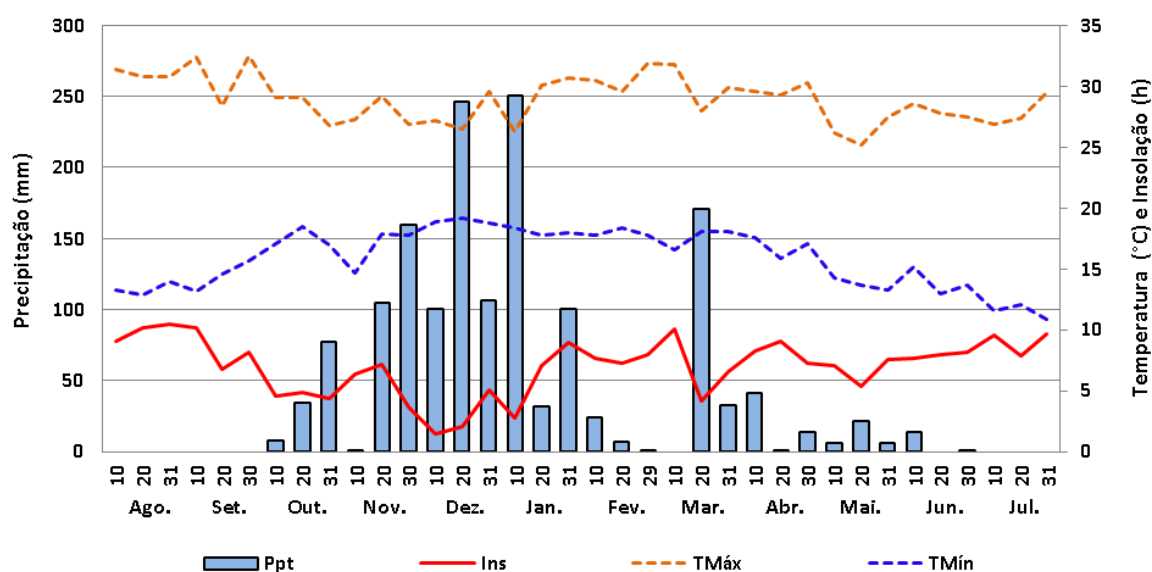


Figura 1. Dados climáticos por decêndio durante o período de agosto de 2011 a julho de 2012 em Sete Lagoas - MG. Precipitação decêndio (Ppt), médias de temperatura máxima (TMáx), temperatura mínima (TMín) e Insolação (Ins). Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Distrófico, com drenagem moderada e textura argilosa, em torno de 60, 32 e 8% de argila, silte e areia total, respectivamente. O histórico da área é de pousio por quatro anos. A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 6,4; P = 32,89 (mg dm⁻³); K⁺ = 107 (mg dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,27 (cmolc dm⁻³); Mg⁺⁺ = 0,80 (cmolc dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,02 (cmolc dm⁻³); H⁺+Al = 5,38 (cmolc dm⁻³); M.O. = 2,7 (dag dm⁻³); CTC = 10,7 (cmolc dm⁻³); V (%) = 50,0 e m (%) = 0,34. A calagem não foi necessária, pois a saturação por bases encontrava-se no nível adequado para a cultura do sorgo sacarino, de acordo com Alvarez et al. (1999).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dez repetições, em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram compostas por seis épocas de semeadura (outubro, novembro, dezembro de 2011 e janeiro, fevereiro (7) e fevereiro (28)) e as subparcelas por dois cultivares de sorgo sacarino (BRS 506 e CMSXS 647).

Cada unidade experimental foi constituída por 12 linhas de sorgo sacarino com 4 m de comprimento e espaçamento entrelinhas de 0,7 m. A área total de cada unidade experimental foi de 33,6 m². Foram consideradas como área útil as

duas linhas centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade, resultando em 8,4 m². Para facilitar a manobra do trator e tratos culturais, deixou-se um espaço de 10 m entre as épocas de semeio. A área total do experimento foi de 4.872 m².

Adotou-se o sistema de semeadura direta do sorgo sacarino. Para completa dessecação das espécies invasoras presentes na área, foi realizada 30 dias antes de cada época de semeadura a dessecação da referida área com aplicação de herbicida não seletivo. As semeaduras dos cultivares de sorgo sacarino foram realizadas em 26 de outubro, 17 de novembro e 27 de dezembro de 2011, 19 de janeiro, 7 de fevereiro e 28 de fevereiro de 2012. Foi utilizado trator acoplado à semeadora Marchesan ULTRAFLEX Suprema Semeadura direta, regulada para semear seis linhas espaçadas em 70 cm, e densidade de 10 sementes por metro linear. Após 15 dias de cada época de semeadura foi realizado desbaste, a fim de permanecer 34 plantas em quatro metros, equivalente à densidade de 120.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de base foi dimensionada de acordo com análise de solo e com expectativa de produção de biomassa total da parte aérea maior que 60 t ha⁻¹, de acordo com Alves et al. (1999), sendo utilizado 400 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, dose equivalente a 32 kg ha⁻¹ de N, 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 64 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas estavam com 3-4 folhas definitivas, na dose de 400 kg ha⁻¹ de 20-02-20 aos 20 dias após semeadura (DAS) e 90 kg ha⁻¹ de ureia aos 35 DAS, para fornecimento total de 120 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A cultura foi irrigada semanalmente por aspersão convencional, com lâmina de 10 mm, de forma suplementar à precipitação local.

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos registrados para a cultura, conforme a necessidade de cada época de semeadura.

A colheita para cada época de semeadura foi realizada 120 DAS. As variáveis analisadas em cada parcela foram: altura de plantas (distância média em metros da base rente ao solo até a extremidade das panículas, em dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela); diâmetro de colmo (distância média em milímetros no terço médio do colmo, em dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela); número de perfilhos planta⁻¹ (contagem do número de perfilhos na área útil, e posterior conversão para perfilhos por planta); matéria fresca de colmos (pesagem em kg da massa fresca dos colmos da área útil

eliminando folha e panícula, no momento que os grãos atingiram aspecto farináceo, e posterior conversão em Mg ha^{-1}); matéria fresca de folhas ha^{-1} (peso médio em kg da massa fresca de folhas na área útil e posterior conversão em Mg ha^{-1}); matéria fresca de biomassa total da parte aérea ha^{-1} (pesagem em kg das plantas da área útil e posterior conversão para Mg ha^{-1}); matéria seca de colmos planta^{-1} , matéria seca de folhas planta^{-1} e matéria seca de panícula planta^{-1} (pesagem média em gramas da matéria seca de colmo, folhas e panícula de dez plantas da área útil, obtido por secagem em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas (Boaretto et al., 1999); massa de caldo ha^{-1} (pesagem em kg do caldo extraído dos colmos de 10 plantas colhidas na área útil passados uma única vez em moenda, e posterior conversão em Mg ha^{-1}) e °Brix (determinado por refratômetro digital de leitura automática, em amostra do caldo extraído dos colmos de dez plantas escolhidas aleatoriamente na parcela).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F) de acordo com o delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas no tempo. Em caso de significância, os dados foram submetidos ao teste Tukey de médias ($P < 0,05$) (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 8.0, desenvolvido pela FUNARBE, UFV, de Viçosa-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis houve interação significativa entre épocas de semeadura e cultivares ($p < 0,01$), e para a variável Brix ($p < 0,05$). Assim, procedeu-se o desdobramento para observar o efeito das épocas de semeadura em cada cultivar.

Para variável altura de plantas, o cultivar BRS 506 apresentou plantas maiores nas épocas de semeadura em 27/12, 19/01 e 07/02, resultando em altura média de 3,17 m, sendo 14% superior à época de semeadura tardia (Tabela 1). Para o cultivar CMSXS 647 as épocas de semeadura que resultaram em plantas maiores foram 27/12 e 07/02, com média de 3,35 m. Pode-se observar que semeaduras entre a segunda quinzena de dezembro e primeira semana de

fevereiro em Sete Lagoas – MG resultaram em plantas com maior altura. Entretanto, a semeadura tardia em 28/02, resultou em plantas menores para o cultivar BRS 506, e para o CMSXS 647, a semeadura de 28/02 não diferiu estatisticamente da primeira época de semeadura em 26/10, resultando em plantas menores. Esses resultados corroboram os obtidos por Silva et al. (2005) no município de Coimbra - MG, que avaliaram dez cultivares, dentre eles sorgo forrageiro, granífero e sacarino, e concluíram que a menor altura de plantas foi encontrada nas épocas de semeadura tardia.

Esperavam-se maiores alturas de plantas nas épocas de semeadura em 26/10 e 17/11, no entanto, a baixa insolação e o excesso hídrico (Figura 1), a partir do segundo decêndio de novembro/2011 até o início do segundo decêndio de janeiro/2012, causou atraso na fase inicial de crescimento da cultura EC1 (germinação até a iniciação da panícula), resultando assim, em plantas menores. Em relação à última época de semeadura em 28/02, ocorreu diminuição de temperatura noturna na fase final do desenvolvimento dos colmos e início do florescimento, além de alta nebulosidade, causando efeito no crescimento das plantas, uma vez que o sorgo sacarino é uma espécie C4, que diminui seu desenvolvimento diário em temperaturas menores que 15°C e também em períodos de menor luminosidade (Magalhães et al., 2003).

Tabela 1. Altura de plantas e diâmetro de colmos dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de semeadura, em Sete Lagoas - MG

Época de semeadura	Variedade			
	BRS 506	CMSXS 647	BRS 506	CMSXS 647
	Altura de plantas		Diâmetro de colmos	
	(m)		(mm)	
26/outubro	3,06 bc	2,89cd	18,07 bc	22,39 a
17/novembro	3,04 c	2,95 bc	18,77 bc	20,27 b
27/dezembro	3,09 abc	3,30 a	21,14 a	18,16 c
19/janeiro	3,22 a	3,05 b	19,76 ab	21,06 ab
7/fevereiro	3,19 ab	3,41 a	17,42 cd	21,07 ab
28/fevereiro	2,79 d	2,76 d	16,17 d	17,67 c
Médias	3,07	3,06	18,56	20,10
C.V.(%)	3,47		6,95	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Parrella et al. (2010) avaliaram o desempenho de cultivares de sorgo sacarino em Minas Gérias em semeadura no verão, de modo que os resultados de altura de plantas obtidos no presente trabalho em época semelhante,

semeadura em 27/12, foi 1,30% inferior para o cultivar BRS 506 e 3,03% superior para o cultivar CMSXS 647, resultando em pouca diferença em valores absolutos.

Para a variável diâmetro de colmos (Tabela 1), as épocas de semeadura em 27/12 e 19/01 resultaram em maiores valores para o cultivar BRS 506 entre as épocas estudadas, em média 20,45 mm, sendo 27% superior ao obtido na semeadura tardia em 28/02. Para o cultivar CMSXS 647 as épocas de semeadura em 26/09, 19/01 e 07/02 resultaram em maiores diâmetros de colmos, em média 21,51 mm, sendo 22% superior ao obtido na semeadura tardia em 28/02.

May et al. (2012) afirmam que a redução de diâmetro do colmo se correlaciona positivamente com o acamamento e quebramento de plantas. Assim, a semeadura em épocas que resultem em diâmetro de colmos maiores pode reduzir a incidência desse problema.

Tabela 2. Número de folhas e número de perfilhos dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de semeadura, em Sete Lagoas - MG

Época de semeadura	Variedade			
	BRS 506		CMSXS 647	
	Número de folhas		Número de perfilhos	
	----- (und planta ⁻¹) -----	----- (und planta ⁻¹) -----	----- (und planta ⁻¹) -----	----- (und planta ⁻¹) -----
26/outubro	12,67 cd	11,30 c	0,00 e	0,00 c
17/novembro	13,03 c	11,87 c	0,40 b	0,00 c
27/dezembro	14,80 ab	15,73 a	0,66 a	0,54 a
19/janeiro	14,53 b	13,93 b	0,30 bc	0,28 b
7/fevereiro	15,41 a	16,10 a	0,07 de	0,13 bc
28/fevereiro	12,13 d	11,93 c	0,23 cd	0,13 bc
Médias	13,76	13,48	0,28	0,18
C.V.(%)	4,43		55,42	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável número de folhas por planta, observa-se que as duas primeiras e a última época resultaram em menos folhas por planta para os dois cultivares, resultando em média 12,6 e 11,7 folhas planta⁻¹, para o cultivar BRS 506 e CMSXS 647, respectivamente (Tabela 2). Esse comportamento possivelmente relaciona-se com a incidência de doenças fúngicas nesses períodos, causando queda precoce de folhas mais velhas, em função da baixa insolação na primeira época e baixas temperaturas na semeadura tardia. Silva et al. (2012), relataram que a doença fúngica Helminthosporiose (*Exserohilum turcicum*) é favorecida por temperaturas baixas e que se desenvolvem inicialmente nas folhas inferiores, no caso de ataques severos, pode ocorrer

queima de toda a parte aérea das plantas, portanto, concluíram ser uma das principais doenças do sorgo, em especial nas semeaduras tardias.

Vale ressaltar que o maior número de folhas em parte é proporcionado pelos efeitos dos fotoperíodos não indutivos à diferenciação floral durante a EC1 (germinação até a iniciação da panícula), resultando em maiores alturas de plantas e assim a formação de maior número de primórdios foliares e emissão de maior número de folhas (Birch et al., 1998; Tollenaar, 1999; Craufurd e Qi, 2001). Esse comportamento ocorreu no presente experimento para os dois cultivares, onde para o BRS 506 as épocas 27/12, 19/01 e 07/02 proporcionaram maiores alturas (Tabela 1) e, conseqüentemente, maior número de folhas (Tabela 2), e para o cultivar CMSXS 647 esse comportamento ocorreu nas épocas de semeadura em 27/12 e 07/02 (Tabelas 1 e 2).

Na média geral, o número de folhas por planta encontrado para os dois cultivares corrobora as afirmações de Magalhães et al. (2003), que relataram em estudo sobre ecofisiologia, que o número total de folhas por plantas em genótipos adaptados de sorgo sacarino varia de 7 a 14.

O número de perfilhos por planta foi maior na época de semeadura em 27/12, para os dois cultivares (Tabela 2). Esse comportamento corrobora as conclusões de Baumhardt e Howell (2006), onde afirmaram que o perfilhamento em cultivares de sorgo é uma característica afetada pela época de semeadura, espaçamento, densidade e ciclo da cultura.

Segundo Magalhães et al. (2007), o perfilhamento é influenciado pelo grau de dominância apical, que é regulado por fatores hormonais, ambientais e genéticos, onde a dominância apical é uma característica herdável e pode ser modificada por fatores ambientais como temperatura do ar, fotoperíodo e umidade do solo.

Analisando os efeitos das épocas de semeadura entre os cultivares para a variável matéria fresca de folhas (Tabela 3), verifica-se que as semeaduras de 26/10, 17/11, 27/12 e 7/02 não diferiram significativamente para o cultivar BRS 506 e resultaram em média $9,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria verde de folhas, produzindo 67% mais massa de folhas em relação à época de semeadura em 28/02. Para o cultivar CMSXS 647 as épocas que resultaram em maior matéria fresca de folhas foram 26/10, 27/12 e 07/02, acumulando em média $8,99 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo que a época de semeadura em 07/02, não diferiu de nenhuma das épocas avaliadas.

Entretanto a semeadura em 26/10 resultou em acúmulo de matéria verde 29% maior que a semeadura tardia em 28/02.

Tabela 3. Matéria fresca de folhas e matéria seca de folhas dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de semeadura, em Sete Lagoas - MG

Época de semeadura	Variedade			
	BRS 506	CMSXS 647	BRS 506	CMSXS 647
	Matéria fresca de folhas		Matéria seca de folhas	
	----- (Mg ha ⁻¹) -----		----- (g planta ⁻¹) -----	
26/outubro	9,33 a	9,60 a	27,99 bc	37,66 a
17/novembro	9,46 a	7,00 c	36,53 a	25,22 ab
27/dezembro	9,57 a	9,19 ab	37,46 a	34,70 ab
19/janeiro	6,51 bc	6,21 c	24,21 bcd	28,67 ab
7/fevereiro	8,26 ab	8,19 abc	23,59 cd	22,49 bc
28/fevereiro	5,48 c	7,43 bc	13,16 d	15,40 c
Médias	8,10	7,94	27,16	27,36
C.V.(%)	19,85		21,42	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável matéria seca de folhas, a semeadura em 17/11 e 27/12 resultou em maior acúmulo de massa para o cultivar BRS 506, resultando em média 36,99 g planta⁻¹ de massa (Tabela 3). O cultivar CMSXS 647 plantado nas quatro primeiras épocas até 19/01 não diferiu significativamente, resultando em média 31,56 g planta⁻¹ de massa.

Esse comportamento de maior acúmulo nas primeiras épocas de semeadura em relação à semeadura tardia, para as variáveis matéria fresca e seca de folhas, possivelmente ocorreu, devido às melhores condições climáticas, como temperaturas médias mais elevadas (Figura 1), não atrasando o desenvolvimento da planta, melhor distribuição de chuva durante o ciclo produtivo, diminuindo a incidência severa de pragas e doenças foliares (Mourão et al. 2012; Silva, et al., 2012), resultando em plantas bem desenvolvidas, com maiores acúmulos de massa.

Para a variável matéria seca de panícula (Tabela 4), as épocas de semeadura em 26/10, 27/12 e 19/01 não diferiram significativamente entre si e resultaram em maior acúmulo de massa para o cultivar BRS 506, em média 14,25 g planta⁻¹, sendo superior em 40% em relação às duas épocas mais tardias. O cultivar CMSXS 647 obteve maior massa de panícula na primeira época de semeadura em 26/10 resultando em acúmulo de 26,81 g planta⁻¹, sendo 76%

superior à massa nas sementeiras em 27/12, 19/01 e 07/02. Esses resultados corroboram os encontrados por Souza et al. (2011) que obtiveram maior acúmulo de massa de panículas para os mesmos cultivares no cultivo de verão em relação ao de outono, em Janaúba – MG, resultado das melhores condições climáticas.

Para o cultivar BRS 506 as épocas de sementeira em 27/12 e 19/01 resultaram em média 90,7 Mg ha⁻¹ de matéria fresca de biomassa total da parte aérea, sendo 60% superior às duas épocas de sementeira mais tardias (Tabela 4). O cultivar CMSXS 647 obteve maior acúmulo para essa variável nas épocas de sementeira em 27/12 e 07/02, resultando em média 106,9 Mg ha⁻¹ de biomassa total da parte aérea. Parrella et al. (2010), avaliando o desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes, obtiveram no município de Mocambinho – MG, 48,43 e 43,05 Mg ha⁻¹ de matéria fresca de biomassa total da parte aérea, para o cultivar CMSXS 647 e BRS 506, respectivamente. No entanto, o resultado deste trabalho em época de sementeira similar, 17/11, foi 66 e 40% superior aos encontrados pelos mesmos autores, para os cultivares BRS 506 e CMSXS 647, respectivamente, possivelmente pelas melhores condições edafoclimáticas do presente experimento.

Filho et al. (2012), avaliando diferentes cultivares de sorgo sacarino visando à obtenção de etanol em Sete Lagoas - MG, obtiveram acúmulo de matéria fresca de biomassa total da parte aérea para o cultivar BRS 506, similar ao encontrado no presente trabalho, para época de sementeira em janeiro, sendo superior apenas 4%.

Tabela 4. Matéria seca de panícula e matéria fresca de biomassa total da parte aérea dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de sementeira, em Sete Lagoas - MG

Época de sementeira	Variedade			
	BRS 506		CMSXS 647	
	Matéria seca de panícula		Matéria fresca de biomassa total da parte aérea	
	----- (g planta ⁻¹) -----		----- (Mg ha ⁻¹) -----	
26/outubro	14,31 ab	26,81 a	75,08 bc	86,27 bc
17/novembro	11,23 bc	22,50 b	71,33 bc	68,01 d
27/dezembro	12,56 ab	15,51 c	98,35 a	102,08 ab
19/janeiro	15,88 a	14,12 c	83,04 ab	84,53 cd
7/fevereiro	10,57 c	16,16 c	64,58 cd	111,71 a
28/fevereiro	9,84 c	19,71 b	48,72 d	69,03 d
Médias	12,49	19,14	73,51 B	86,94
C.V.(%)	16,14		16,36	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As épocas de semeadura em 27/12 e 19/01 resultaram em média 77,21 Mg ha⁻¹ de matéria fresca de colmos para o cultivar BRS 506, sendo 71% superior às duas épocas de semeadura mais tardias (Tabela 5). Para o cultivar CMSXS 647 as épocas de semeadura em 27/12 e 07/02 resultaram em média 93,05 Mg ha⁻¹. Esses resultados foram superiores em 28% para o cultivar BRS 506 e 55% para o CMSXS 647, em relação às metas de rendimento mínimo propostas para o programa de melhoramento de sorgo sacarino da EMBRAPA de 60 Mg ha⁻¹, publicadas por Schaffert et al. (2011).

Para matéria seca de colmos por planta (Tabela 5), a época de semeadura em 27/12 resultou em maior massa para os dois cultivares, sendo que no cultivar CMSXS 647 além desta época, a semeadura de 07/02 também resultou em maior acúmulo.

Esses resultados para os dois cultivares nas variáveis matérias fresca e seca de colmos são justificados por temperaturas noturnas e insolação maiores, (Figura 1) nos estádios iniciais de crescimento, em relação às semeaduras tardias. Além disso, vale ressaltar que o comportamento superior em semeaduras tardias do cultivar CMSXS 647 em relação ao cultivar BRS 506, possivelmente está relacionado à maior resistência a doenças, principalmente a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), o que pode ter colaborado para produtividade alta, mesmo na semeadura em 07/02.

Tabela 5. Matéria fresca de colmos e matéria seca de colmos dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de semeadura, em Sete Lagoas - MG

Época de semeadura	Variedade			
	BRS 506	CMSXS 647	BRS 506	CMSXS 647
	Matéria fresca de colmos		Matéria seca de colmos	
	----- (Mg ha ⁻¹) -----		----- (g planta ⁻¹) -----	
26/outubro	59,91 bc	67,71 cd	46,67 cd	64,44 c
17/novembro	57,07 bc	53,49 d	56,99 bc	63,75 c
27/dezembro	84,38 a	87,78 ab	91,45 a	115,26 a
19/janeiro	70,04 ab	73,60 bc	66,95 b	86,77 b
7/fevereiro	51,65 cd	98,33 a	61,68 bc	106,61 a
28/fevereiro	38,84 d	54,31 d	32,55 d	36,52 d
Médias	60,31	72,54	59,38	78,89
C.V.(%)	17,96		19,93	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As épocas de semeadura em 27/12 e 19/01 resultaram em maior massa de caldo para o cultivar BRS 506, em média 54,67 Mg ha⁻¹ (Tabela 6). Para o cultivar CMSXS 647 os maiores resultados foram observados na época de semeadura em 27/12 e 07/02.

Avaliando o Brix obtido pelos cultivares em função das épocas de semeadura, observa-se que quanto mais tardio a semeadura, menor é acúmulo de sólidos solúveis totais nos colmos (Tabela 6). Assim, para os dois cultivares, obteve-se maior acúmulo desse componente no colmo nas épocas de semeadura em 26/10 e 17/11, resultando em média 16,28 e 16,61 °Brix, para os cultivares BRS 506 e CMSXS 647, respectivamente.

Esperava-se maior acúmulo para as principais variáveis que impactam a produtividade final, como altura de plantas, diâmetro de colmos, massa fresca de colmos e massa de caldo, nas primeiras épocas de semeadura, no entanto, observou-se grande influência do clima, como grande quantidade de chuva e consequente baixa insolação para essas épocas de semeadura (Figura 1). Esse fato prejudicou o crescimento das plantas, principalmente no estágio EC1 (germinação até a iniciação da panícula), o que levou aos rendimentos aquém dos esperados nas primeiras épocas de semeadura.

Tabela 6. Massa de caldo e Brix dos cultivares BRS 506 e CMSXS 647 em função de seis épocas de semeadura, em Sete Lagoas - MG

Época de semeadura	Variedade			
	BRS 506		CMSXS 647	
	Massa de caldo		Brix	
	----- (Mg ha ⁻¹) -----		----- (°) -----	
26/outubro	39,48 bc	46,14 cd	15,73 ab	16,18 a
17/novembro	37,35 c	35,13 d	16,83 a	17,04 a
27/dezembro	59,92 a	61,29 ab	12,34 e	12,12 c
19/janeiro	49,42 ab	55,33 bc	13,68 d	13,07 bc
7/fevereiro	28,49 c	71,92 a	14,91 bc	13,71 b
28/fevereiro	28,49 c	40,21 d	14,10 cd	13,29 b
Médias	40,53	51,67	14,60	14,24
C.V.(%)	18,80		6,21	

Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

As épocas de semeadura em outubro e novembro apresentaram baixa insolação na região central de Minas Gerais e diminuí o acúmulo de matéria

fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente do cultivar.

A semeadura em dezembro na região central de Minas Gerais resultou em maior acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente dos cultivares de sorgo sacarino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almodares, A.; Hadi, M.R. (2009) Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (9):772-780.

Alvarez V., V.H., Novais, R.F., Barros, N.F., Cantarutti, R.B., Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. *In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez V., V.H. (Ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32.

Alves, V.M.C., Vasconcellos, C.A., Freire, F.M.; Pitta, G.V.E., França, G.E., Rodrigues Filho, A., Araújo, J.M., Vieira, J.R., Loureiro, J.E. (1999) Sorgo *In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.V.H. (Ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.325-327.

Bandeira, A. H.; Biondo, J. C.; Bialazor, A. ; Silva, N. G.; Medeiros, S. L. P.; Emygdio, B. M. (2012) Desempenho de genótipos de sorgo sacarino cultivados em diferentes épocas de semeadura na região Central do Rio Grande do Sul. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 29, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo p. 2367-2371.

Baumhardt, R.L.; Howell, T.A. (2006) Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. *Agronomy Journal*, 98:462-470

- Birch, C. J.; Hammer, G. L.; Rickert, K. G. (1998) Temperature and photoperiod sensitivity of development in five cultivars of maize (*Zea mays* L.) from emergence to tassel initiation. *Field Crops Research*, Amsterdam, 55:93-107.
- Boaretto, A. E.; Chitolina, J. C.; Raij, B. van; Silva, F. C. da; Tedesco, M. J.; Carmo, C. A. F. de S. do (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. *In: Silva, F.C. da (org.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA – Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 49-73.*
- Craufurd, P. Q.; Qi, A. (2001) Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, 108:199-211.
- Esteves, A.L.; Baggio, C.A.; Costa, F.A.; Castro, H.F. de; Barroso, H.G.; Cruz, I.M. da; Leal, J.L.S.; Maia, M.Q.; Santos, M. da G.M.R.; Salles Filho, M.; Salles, N.G.; Reis, R.F. dos; Carvalho, S.E.R. de; Schneidermam, V.; Silva, A.J.V. da; Nunes Junior, G.L. (1981) Efeitos da época de plantio em dez cultivares de sorgo sacarino. 13. Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, *Informativo do Instituto Nacional de Tecnologia*, 14:26-44.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 422p.
- Filho, I.A.P.; Parrella, R.A.C.; Moreira, J.A.A.; May, A.; Souza, V.F.; Cruz, J.C.C. (2012) Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando à obtenção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 29, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2376-2382 p.
- Gomide, R. L.; Albuquerque, P. E. P.; Andrade, C. L.T.; Duraes, F. O. M.; Viana, J. H. M. (2006) Caracterização climática e determinação da necessidade hídrica de culturas do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas para a

fenotipagem de genótipos de cereais tolerantes à seca. *Congresso Nacional de Milho de Sorgo, 26; Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda, 2.; Simpósio sobre colletotrichum graminicola, 1*, Belo Horizonte: Associação Brasileira de Milho e Sorgo 7p.

Magalhães, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim técnico-86*, 4p.

Magalhães, P. C.; Souza, T. C.; Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Parentoni, S. N. (2007) Avaliação das modificações morfológicas radiculares durante os ciclos de seleção do milho saracura tolerante a hipoxia. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 15*. 23p.

May, A.; Albuquerque, C. J. B.; Silva, A. F. DA; Pereira Filho, I. A. (2012) Manejo e tratos culturais *In: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) . Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 22-31.*

Mourão, C.S.; Silva, D.D.; Parrella, R.A.; Cota, L.V.; Parrella, N.N.N.L.D., Souza, V.F.; Bernardino, K.C.; Santos, C.V.; Costa, R.K.; Schaffert, R.E. (2012) Efeito de doenças foliares no desenvolvimento de sorgo sacarino. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29*, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 749-755 p.

Parrella, R.A.C.; Meneguchi, J.L.P.; Ribeiro, A.; Silva, A.R.; Parrella, N.L.D.; Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.D. (2010) Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28; Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho, 4*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 256-263.

Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 301p.

- Schaffert, R.E., Parrella, R.A. da C., May, A., Durães, F.O.M. (2011) Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista*. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, 3:47.
- Silva, A.G.; Rocha, V.S.; Cecon, P.R.; Portugal, A.F.; Pina Filho, O.C. (2005) Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termofotoperiódicas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 4:28-44
- Silva, D.D.; Cota, L.V.; Costa, R.V. Controle de doenças (2012) *In*: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) (2012). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 68 - 84.
- Sordi, R.A. (2011) Sorgo sacarino para produção de etanol: uma visão do produtor e da usina de cana-de-açúcar. *Agroenergia em Revista* – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, 3:31-32.
- Tardin, F.D.; Casasanta, E.C.; Parrella, R.A.C.; Silva, A.F.; Baldoni, A.B.; Souza, M.C.; Botin, A.A.; Zanatto, I.B.; Ramos, E.U.; Schaffert, R.E. (2012) Desempenho Agronômico de Genótipos de Sorgo Sacarino Cultivados em Sinop-MT na Safra 2011/12. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 29, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2389-2395 p.
- Teixeira, C.G.; Jardine, J.G.; Beisman, D.A. (1997) Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 17:221-229.

Tollenaar, M. (1999) Duration of the grain-filling period in maize is not affected by photoperiod and incident PPFD during the vegetative phase. *Field Crops Research*, Amsterdam, 62:15-21.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

1.A época de semeio no período de safra resulta em maior rendimento de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea, massa de caldo e Brix do sorgo sacarino, independente do arranjo de plantas.

2.O espaçamento de 50 cm entrelinhas resulta em maior produção de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente da época de semeio.

3.O espaçamento duplo resulta em valores similares ao espaçamento de 80 cm para as principais variáveis produtivas, independente da época de semeio.

4.As populações de plantas não influenciam o rendimento de matéria fresca de colmos e massa de caldo, independente da época de semeio.

5.O cultivar BRS 506 apresenta maior resultado para as principais variáveis produtivas na semeadura de safra em relação à safrinha.

6.As épocas de semeadura em outubro e novembro apresentam baixa insolação na região central de Minas Gerais e diminui o acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente do cultivar.

7.A semeadura em dezembro na região central de Minas Gerais resulta em maior acúmulo de matéria fresca de colmos, matéria fresca de biomassa total da parte aérea e massa de caldo, independente dos cultivares de sorgo sacarino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, C. J. B.; Parrella, R. A. C.; Tardin, F. D.; Brant, R. S.; Simões, D. A.; Fonseca Júnior, W. B.; Oliveira R. M.; Jesus, K. M. (2010) Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28; Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho, 4*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 2219-2224.
- Almodares A.; Hadi MR.; Ahmadpour H. (2008) Sorghum stem yield and soluble carbohydrates under phenological stages and salinity levels. *African Journal of Biotechnology*. 7:4051-4055.
- Almodares, A.; Hadi, M.R. (2009) Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (9):772-780.
- Alvarez V., V.H., Novais, R.F., Barros, N.F., Cantarutti, R.B., Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. *In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez V., V.H. (Ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32.

de sorgo sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.). *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 28, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo p. 1010-1017.

Channappagoudar, B.B. and Biradar, N.R. and Patil, J.B. and Hliremath, S.M. (2007) Assessment of sweet sorghum genotypes for cane yield, juice characters and sugar levels. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20 (2):294-296.

Conab (2012a) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2012/2013, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2013. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf

Conab (2012b) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2013. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_06_09_10_01_boletim_portugues_dezembro_2012.pdf

Craufurd, P. Q.; QI, A. (2001) Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, 108:199-211.

Dajui, L. (1995) Developing sweet sorghum to meet the challenge of food, energy and environment. Acesso em 13 out. 2011. Online: Disponível em: http://www.ifad.org/events/sorghum/b/LiDajue_developing.pdf

Diniz, G. M. M. (2010) *Produção de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench): aspectos gerais*. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas) – Recife – PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – UFRPE, 97p.

- Donatelli, M.; Hammer, G. L.; Vanderlip, R. L (1992). Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. *Crop Science*, Madison, 32:781-786.
- Duarte, F.N.; Silva, J.B.; Souza, F.I. (2002) Competição de plantas daninhas com a cultura do milho no município de Ijaci, MG. *Ciências Agrotecnica*, v. 26:983-992.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2011). Cultivo do Sorgo, Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica 7ª Edição. Acesso em: 02 fev. 2013. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes /sorgo _7_ed/index.htm
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012a) - Embrapa e Ceres Sementes fecham parceria para lançamento de cultivar de sorgo sacarino. Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG) Ano 06 - Edição 39. Acesso em: 02 fev. 2013. Online. Disponível em: <http://grao.cnpms. embrapa.br/noticia.php?ed=OQ==&id=MzQ=>
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012b) *Processamento industrial do sorgo sacarino*, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2p.
- Emygdio B.M.; Afonso, A.P.S; Oliveira, A.C.B.; Parrella, R.; Schaffert, R.E.; May, A. (2011) Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob diferentes densidades de plantas. Embrapa Clima Temperado. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 22 p.
- Esteves, A.L.; Baggio, C.A.; Costa, F.A.; Castro, H.F. de; Barroso, H.G.; Cruz, I.M. da; Leal, J.L.S.; Maia, M.Q.; Santos, M. da G.M.R.; Salles Filho, M.; Salles, N.G.; Reis, R.F. dos; Carvalho, S.E.R. de; Schneidermam, V.; Silva, A.J.V. da; Nunes Junior, G.L. (1981) Efeitos da época de plantio em dez cultivares de sorgo sacarino. 13. Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, *Informativo do Instituto Nacional de Tecnologia*, 14:26-44.

- FAO. (2012) Food and Agriculture Organization. Acesso em: 5 dez. 2012. Online: Disponível em: www.fao.org
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 422p.
- Filho, I.A.P.; Parrella, R.A.C.; Moreira, J.A.A.; May, A.; Souza, V.F.; Cruz, J.C.C. (2012) Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando à obtenção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 29, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2376-2382 p.
- Gomide, R. L.; Albuquerque, P. E. P.; Andrade, C. L.T.; Duraes, F. O. M.; Viana, J. H. M. (2006) Caracterização climática e determinação da necessidade hídrica de culturas do sítio-específico de precisão de Sete Lagoas para a fenotipagem de genótipos de cereais tolerantes à seca. *Congresso Nacional de Milho de Sorgo*, 26; *Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda*, 2.; *Simpósio sobre colletotrichum graminicola*, 1, Belo Horizonte: Associação Brasileira de Milho e Sorgo 7p.
- Gustafson, D.J.; Gibson, D.J.; Nickrent, D.L. (2004) Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. *Functional Ecology*. v.18:451-457.
- Habyarimana, E.; Bonardi, P.; Laureti, D.; Di Bari, V.; Cosentino, S.; Lorenzoni, C. (2004) Multilocational evaluation of biomass sorghum hybrids under two stand densities and variable water supply in Italy. *Industrial Crops and Products*, Tucson, 20:3-9.
- Haugland E.; Tawfiq M. (2001) Root and shoot competition between established grass species and newly sown seedlings during spring growth. *Grass and Forage Science*, v.56:193-199.

- Jones, O. R.; Johnson, G.L. (1997) Evaluation of a short season, high density production strategy for dryland sorghum. Texas: USDA-ARS. p.97-101
- Lemaire G. (2001) Ecophysiological of Grasslands : Dynamics aspects of forage plant population in grazed swards. International Grassland Congress, 19, São Pedro, SP: 29-37 p.
- Magalhães, P. C.; Duraes, F.; Schaffert, R. E. (2000) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Circular Técnica*, 3, 46p.
- Magalhães, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim técnico-86*, 4p.
- Magalhães, P. C.; Souza, T. C.; Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Parentoni, S. N. (2007) Avaliação das modificações morfológicas radiculares durante os ciclos de seleção do milho saracura tolerante a hipoxia. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 15. 23p.
- Magalhães, R.T.; Gonçalves, L.C.; Borges, I.; Rodrigues, J.A.S.; Fonseca, J.F. (2010) Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arq Bras Med Vet Zoo*, 62:747-751.
- Magalhães, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. (2011) Ecofisiologia, In: Cultivo do Sorgo, Sistemas de Produção, 2, 7 ed. Acesso em: 15 fev. 2013. Online. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/index.htm
- May, A.; Albuquerque, C. J. B.; Silva, A. F. DA; Pereira Filho, I. A. (2012a) Manejo e tratos culturais In: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) . Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 22-31.

- May, A.; Campanha, M.M.; Abreu, M. C.; Bertolino, K.M.; Silva, A.F.S.; Coelho, M.; Parrella, R.A.C.; Schaffert, R.E; Filho, A.P. (2012b) Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em Sete Lagoas - MG, *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29*, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2382-2389 p.
- Masojidek, J.; Trivedi, S.; Halshaw, L.; Alexiou, A.; Hall, D. O. (1991) The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiology*, Bethesda, 96:198-207.
- Miranda, R.A.; Kaupert, A.; Prince, F.; Pimentel, F.; Garcia, J.C. Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil: Aspectos econômicos (2012) *In*: May, A.; Durães, F. O. M.; Vasconcellos, J.H.; Parrella, R.A.C; Miranda, R.A. Anais [do] I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino, Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, p. 71-78.
- MME - Ministério de Minas e Energia (2012) Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis. Edição Nº 59 de Dezembro. Acesso em: 10 jan. 2013. Online. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicações/boletim_mensal_combustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_059_-_dezembro_de_2012 .pdf](http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicações/boletim_mensal_combustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_059_-_dezembro_de_2012.pdf)
- Mourão, C.S.; Silva, D.D.; Parrella, R.A.; Cota, L.V.; Parrella, N.N.N.L.D., Souza, V.F.; Bernardino, K.C.; Santos, C.V.; Costa, R.K.; Schaffert, R.E. (2012) Efeito de doenças foliares no desenvolvimento de sorgo sacarino. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29*, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 749-755 p.
- Parrella, R.A.C.; Meneguchi, J.L.P.; Ribeiro, A.; Silva, A.R.; Parrella, N.L.D.; Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.D. (2010) Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28; Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho, 4*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 256-263.

- Parrella, R. C. (2011) Melhoramento genético do sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia*. Brasília, 3:8-9.
- Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. (2002) *Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos*. Piracicaba: Fealq, 309p.
- Poorter, H.; Navas, M.L. (2003) Plant growth and competition at elevated CO₂: on winners, losers and functional groups. *New Phytologist*. v. 157:157-198.
- Prasad, S.; Singh, A.; Joshi, H. C. (2007) Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resources Conservation and Recycling*, Heidelberglaan, 50:1-39.
- Rees, M.; Bergelson, J. (1997) Asymmetric light and founder control in plant communities. *Journal Theory Biology*, v.184:353-358.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 301p.
- Rodrigues, J.A.S.; Santos, F.G. (2011) (Ed.). *Sistema de produção do sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Acesso em: 8 fev 2013. Online. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/index.htm
- Sanderson, M.A.; Elwinger, G.F. (2002) Plant density and environment effects Orchardgrass-White clover mixtures. *Crop science*. v.42:2055-2063.
- Silva, A.G.; Rocha, V.S.; Cecon, P.R.; Portugal, A.F.; Pina Filho, O.C. (2005) Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termofotoperiódicas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 4:28-44

- Silva, D.D.; Cota, L.V.; Costa, R.V. Controle de doenças (2012) *In*: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) (2012). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 68 - 84.
- Sordi, R.A. (2011) Sorgo sacarino para produção de etanol: uma visão do produtor e da usina de cana-de-açúcar. *Agroenergia em Revista – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia*. Brasília, 3:31-32.
- Sakellaviou-Makrantonaki, M.; Papalexis, D.; Nakos, N. and Kalavrouziotis, I.K. (2007) Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. *Agric Water Manage*, 90:181–189.
- Schaffert, R.E., Parrella, R.A. da C., May, A., Durães, F.O.M. (2011) Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista*. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, 3:47.
- Snider, J. L.; Raper, R. L.; Schwab, E. B. (2012) 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*, 37:527-535.
- Tardin, F.D.; Casasanta, E.C.; Parrella, R.A.C.; Silva, A.F.; Baldoni, A.B.; Souza, M.C.; Botin, A.A.; Zanatto, I.B.; Ramos, E.U.; Schaffert, R.E. (2012) Desempenho Agronômico de Genótipos de Sorgo Sacarino Cultivados em Sinop-MT na Safra 2011/12. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 29, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2389-2395 p.

- Teixeira, C.G.; Jardine, J.G.; Beisman, D.A. (1997) Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 17:221-229.
- Teetor, V. H.; Duclos, D. V.; Wittenberg, E. T.; Young, K. M.; Chawhuaymak, J.; Riley, M. R.; Ray, D. T. (2011) Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, v. 34:1293-1300.
- Tollenaar, M. (1999) Duration of the grain-filling period in maize is not affected by photoperiod and incident PPFD during the vegetative phase. *Field Crops Research*, Amsterdam, 62:15-21.
- Wang, L.J.; Xu, X.D.; Jiang, Y.; Dong, H.Y.; Li, L.K.; Luan, S.Y. (2009) Control technology for major sorghum pests. *Bull. Agr. Sci. Technol. Sin.* 12:159-160.
- Wortmann, C.S., Liska, A.J., Ferguson, R.B., Lyon, D.J., Klein, R.M. & Dweikat, I. (2010). Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel. *Agronomy Journal.*, 102:319-326.
- Zhao, Y.L., Dolat, A., Steinberger, Y., Wang, X., Osman, A., & Xie, G.H. (2009). Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Field Crops Res.* 111:55-64.

APÊNDICE

Quadro 1 A1 - Resumo da análise de variância conjunta, das características: altura de plantas (APL); diâmetro de colmos (DCL); número de folhas (NFL); número de perfilhos (NPF), da variedade BRS506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		APL	DCL	NFL	NPF
Bloco/Época	4	0,0832**	3,8908 ^{ns}	0,7741 ^{ns}	0,1550**
Época	1	0,6049**	2,9328 ^{ns}	0,4481 ^{ns}	0,1292 ^{ns}
Espaçamento	4	0,0043 ^{ns}	7,9653*	1,2579 ^{ns}	0,2627**
Esp. x Época	4	0,0312*	1,0917 ^{ns}	1,2931 ^{ns}	0,0335 ^{ns}
Resíduo "A"	16	0,1136	2,3696	0,6387	0,0379
População	3	0,0069 ^{ns}	8,8810**	0,5012 ^{ns}	0,3168**
Pop. x Esp.	12	0,0070 ^{ns}	1,8388 ^{ns}	0,2042 ^{ns}	0,0400 ^{ns}
Pop. x Época	3	0,0178 ^{ns}	0,9370 ^{ns}	0,1840 ^{ns}	0,0614 ^{ns}
Pop. x Esp. x Época	12	0,0075 ^{ns}	0,5902 ^{ns}	0,5196*	0,0211 ^{ns}
Resíduo "B"	60	0,0085	1,6227	0,2497	0,0313
C.V. (%)		3,21	7,45	3,86	66,65

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 2 A1 - Resumo da análise de variância conjunta, das características: matéria seca de colmos (MSC); matéria fresca de colmos (MFC); matéria seca de folhas (MSF); matéria fresca de folhas (MFF), da variedade BRS506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		MSC	MFC	MSF	MFF
Bloco/Época	4	1593,967**	15,4939 ^{ns}	199,4321*	2,6414 ^{ns}
Época	1	6801,682**	4582,220**	2640,974**	242,0356**
Espaçamento	4	597,3913**	1287,654**	168,1854*	23,3105**
Esp. x Época	4	102,6787 ^{ns}	157,7607**	84,4810 ^{ns}	16,1965**
Resíduo "A"	16	141,9278	22,5926	65,2967	2,1394
População	3	2146,079**	57,4980 ^{ns}	650,7159**	2,7719 ^{ns}
Pop. x Esp.	12	42,0999 ^{ns}	45,4877 ^{ns}	20,8936 ^{ns}	1,9202 ^{ns}
Pop. x Época	3	37,0565 ^{ns}	2,8474 ^{ns}	29,5167 ^{ns}	1,7045 ^{ns}
Pop. x Esp. x Época	12	47,5060 ^{ns}	61,6737 ^{ns}	14,4893 ^{ns}	1,3911 ^{ns}
Resíduo "B"	60	88,3624	37,1591	23,3274	1,2551
C.V. (%)		15,68	11,89	19,85	15,30

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 3 A1 -. Resumo da análise de variância conjunta, das características: matéria seca de panícula (MSPN); matéria fresca de biomassa total da parte aérea (MFBTA); massa de caldo (MCAL); graus brix (BRIX), da variedade BRS506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		MSPN	MFBTA	MCAL	BRIX
Bloco/Época	4	93,4662**	41,7220 ^{ns}	52,2375*	16,9204**
Época	1	26,0836 ^{ns}	7206,780**	806,6930**	234,9201**
Espaçamento	4	19,7665 ^{ns}	1520,974**	598,2609**	8,4889**
Esp. x Época	4	14,1965 ^{ns}	264,6255**	25,0131 ^{ns}	7,6503**
Resíduo "A"	16	7,8794	32,8840	14,7316	2,1343
População	3	25,1779*	74,8922 ^{ns}	35,8642 ^{ns}	0,1285 ^{ns}
Pop. x Esp.	12	8,6870 ^{ns}	62,4863 ^{ns}	14,9222 ^{ns}	0,5628 ^{ns}
Pop. x Época	3	1,0868 ^{ns}	6,3077 ^{ns}	2,2942 ^{ns}	0,0654 ^{ns}
Pop. x Esp. x Época	12	11,9927 ^{ns}	70,8199 ^{ns}	23,8123 ^{ns}	0,7539 ^{ns}
Resíduo "B"	60	8,4530	47,9415	19,4680	0,6012
C.V. (%)		22,08	11,04	12,62	5,08

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 4 A1 - Altura de plantas, matéria fresca de colmos, folhas e biomassa total da parte aérea, brix, diâmetro de colmos, número de perfilhos, matéria seca de colmos e folhas e, massa de caldo do cultivar BRS 506 em época de semeadura na safra e safrinha, em função de espaçamentos entrelinhas, em Sete Lagoas – MG

Espaçamento (cm)	Época de semeadura		Médias
	Safra	Safrinha	
Altura de plantas ----- (mm) -----			
50	2,92 a	2,85 a	2,89
60	2,92 a	2,82 ab	2,87
70	2,95 a	2,78 ab	2,86
80	2,99 a	2,74 b	2,86
Duplo (100x50)	2,91 a	2,80 ab	2,85
Médias	2,94 A	2,80 B	2,87
C.V.(%)	3,21		
Matéria fresca de colmos ----- (Mg ha ⁻¹) -----			
50	72,52 a	53,07 a	62,79
60	58,56 b	45,03 b	51,79
70	58,23 b	44,85 b	51,54
80	51,81 bc	41,93 b	46,87
Duplo (100x50)	46,16 c	40,61 b	43,39
Médias	57,45 A	45,10 B	51,28
C.V.(%)	11,89		
Matéria fresca de folhas ----- (Mg ha ⁻¹) -----			
50	11,52 a	6,59 ab	9,05
60	8,71 b	5,33 b	7,02
70	8,63 b	5,31 b	6,99
80	7,59 bc	5,55 ab	6,97
Duplo (100x50)	7,26 c	6,72 a	6,57
Médias	8,74 A	5,90 B	7,32
C.V.(%)	15,30		
Matéria fresca de biomassa total da parte aérea ----- (Mg ha ⁻¹) -----			
50	87,67 a	63,49 a	75,58
60	71,72 b	54,18 b	62,95
70	70,94 b	54,00 b	62,46
80	64,12 bc	51,42 b	57,77
Duplo (100x50)	57,83 c	51,67 b	54,75
Médias	70,45 A	54,95 B	62,70
C.V.(%)	11,04		

Quadro 4 A1, continuação

Brix			
----- (°) -----			
50	16,43 a	13,31 c	14,87
60	16,47 a	13,04 c	14,75
70	16,87 a	13,08 c	14,98
80	17,00 a	14,23 b	15,61
Duplo (100x50)	16,60 a	15,71 a	16,15
Médias	16,67 A	13,87 B	15,27
C.V.(%)	5,07		
Diâmetro de colmos			
----- (mm) -----			
50	17,75	17,11	17,43 a
60	16,75	16,97	16,86 ab
70	17,37	17,31	17,34 a
80	18,07	17,24	17,66 a
Duplo (100x50)	16,34	16,08	16,21 b
Médias	17,25 A	16,94 A	
C.V.(%)	3,21		
Número de perfílos			
----- (und planta ⁻¹) -----			
50	0,46	0,42	0,44 a
60	0,27	0,22	0,24 b
70	0,32	0,20	0,26 b
80	0,25	0,10	0,18 b
Duplo (100x50)	0,18	0,22	0,20 b
Médias	0,30 A	0,23 B	0,27
C.V.(%)	26,65		
Matéria seca de colmos			
----- (g planta ⁻¹) -----			
50	78,80	57,80	68,30 a
60	63,93	49,46	56,70 b
70	63,88	48,47	56,18 b
80	65,37	50,33	57,85 b
Duplo (100x50)	65,48	56,12	60,80 ab
Médias	67,49 A	52,44 B	59,97
C.V.(%)	15,68		
Matéria seca de folhas			
----- (g planta ⁻¹) -----			
50	35,97	21,26	28,61 a
60	27,95	17,64	22,79 b
70	27,41	17,34	22,38 b
80	26,20	19,15	22,67 b
Duplo (100x50)	27,58	22,81	25,20 ab
Médias	29,02 A	19,64 B	24,33
C.V.(%)	19,85		

Quadro 4 A1, continuação

	Massa de caldo		
	----- (Mg ha ⁻¹) -----		
50	46,52	38,30	42,41 a
60	38,85	33,08	35,97 b
70	37,97	32,70	35,33 bc
80	33,81	30,11	31,96 cd
Duplo (100x50)	30,61	27,65	29,13 d
Médias	37,55 A	32,37 B	34,96
C.V.(%)	12,62		

Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas semelhantes e na coluna seguidas por letras minúsculas semelhantes, não diferem pelo Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 5 A2. Resumo da análise de variância conjunta, das características: altura de plantas (APL); diâmetro de colmos (DCL); número de folhas (NFL); número de perfilhos (NPF), do cultivar BRS 506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		APL	DCL	NFL	NPF
Cultivar	1	0,0024 ^{ns}	71,8347 ^{**}	2,4294 [*]	0,2814 ^{**}
Resíduo "A"	9	0,0124	0,8803	0,4570	0,0183
Época	5	0,7061 ^{**}	31,7454 ^{**}	56,8219 ^{**}	0,8527 ^{**}
Época x Cultivar	5	0,1592 ^{**}	32,6542 ^{**}	4,4938 ^{**}	0,1355 ^{**}
Resíduo "B"	90	0,0113	1,8035	0,3647	0,0161
C.V. (%)		3,47	6,95	4,43	55,42

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 6 A2. Resumo da análise de variância conjunta, das características: matéria seca de colmos (MSC); matéria fresca de colmos (MFC); matéria seca de folhas (MSF); matéria fresca de folhas (MFF), do cultivar BRS 506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		MSC	MFC	MSF	MFF
Cultivar	1	11416,73 ^{**}	4481,651 ^{**}	1193,31 ^{ns}	0,8180 ^{ns}
Resíduo "A"	9	91,7997	143,8950	40,1070	3,5272
Época	5	11658,70 ^{**}	4053,922 ^{**}	3882,991 ^{**}	36,8120 ^{**}
Época x Cultivar	5	1071,490 ^{**}	1620,396 ^{**}	1756,827 ^{**}	10,0024 ^{**}
Resíduo "B"	90	189,9347	142,3452	91,8920	2,5342
C.V. (%)		19,93	17,96	21,42	19,85

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 7 A2. Resumo da análise de variância conjunta, das características: matéria seca de panícula (MSPN); matéria fresca de biomassa total da parte aérea (MFBTA); massa de caldo (MCAL); graus brix (BRIX), do cultivar BRS 506 em Sete Lagoas – MG, no ano agrícola de 2011/2012

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		MSPN	MFBTA	MCAL	BRIX
Cultivar	1	1325,66**	5406,32**	3726,429**	3,9644 ^{ns}
Resíduo "A"	9	7,1423	179,6521	42,9677	0,3716
Época	5	140,7221**	4169,494**	2051,001**	60,4285**
Época x Cultivar	5	146,7757**	1705,174**	1364,987**	1,9730*
Resíduo "B"	90	6,5142	172,2529	75,1141	0,8026
C.V. (%)		16,14	16,36	18,80	6,21

ns Não significativo pelo teste "F";

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "F";

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "F".