



NAYARA NOGUEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.)
Moench] PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL E DE FORRAGEM NA
REGIÃO DE MINAS GERAIS**

**SETE LAGOAS / MG
2014
NAYARA NOGUEIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]
PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL E DE FORRAGEM NA REGIÃO
CENTRAL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador:
Prof. Dr. Iran Dias Borges

**SETE LAGOAS / MG
2014
NAYARA NOGUEIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]
PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL E DE FORRAGEM NA REGIÃO
CENTRAL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, área de concentração em Produção Vegetal.

Sete Lagoas, 28 de novembro de 2014.

Banca examinadora:
Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella - EMBRAPA/CNPMS
Dr. Renzo Garcia Von Pinho - UFLA

Prof. Dr. Iran Dias Borges - UFSJ
(Orientador)

SETE LAGOAS / MG
2014
DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Nayara Nogueira da Silva, filha de Natal Donizete Silva e Nilza Santos Nogueira, nasceu em 20 de maio de 1983, na cidade de Patos de Minas, MG.

Em julho de 2011, concluiu o curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Em agosto de 2012, ingressou no curso de mestrado em Ciências Agrárias, concentração Produção Vegetal, na Universidade Federal de São João Del-Rei, submetendo-se à defesa da dissertação em 28 de novembro de 2014.

DEDICATÓRIA

A minha mãe,
Nilza Santos Nogueira,
pelo amor, apoio e dedicação em todos os momentos da minha vida,
pessoa na qual tenho enorme gratidão e admiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para a conclusão deste trabalho.

À minha mãe, Nilza Santos Nogueira, a quem tanto amo e admiro e que possibilitou essa conquista.

Aos meus irmãos, Nathalia e Nilo, pelo carinho e companheirismo.

Ao meu avô Cândido (em memória) e a minha tia Zeni que sempre me apoiaram e se fizeram presentes em minha vida.

À Universidade Federal de São João Del-Rei, pela oportunidade de realização do mestrado e pela concessão da bolsa de estudos.

À EPAMIG, por ceder a área experimental, e especialmente ao funcionário Mário, que deu toda a assistência necessária para a realização do experimento em campo.

À Embrapa Milho e Sorgo, por ceder as estruturas para a realização das análises laboratoriais.

Ao Prof. Dr. Iran Dias Borges, pela orientação e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Pesquisador da Embrapa Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella, pela prontidão com que sempre me auxiliou e que, sem dúvidas, foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Ao Pesquisador da Embrapa Dr. André May, que sempre se dispôs a me ajudar e ao amigo Vander, pelas sugestões e auxílio.

Aos professores da UFSJ, em especial ao Leonardo Dias, pela amizade.

Aos estagiários Wilson, Daniel, Zé e Tito, que ajudaram na condução do experimento em campo e que tornaram esses momentos menos árduos e mais divertidos.

Às minhas inesquecíveis amigas Mayara, Valéria e Lívia, que sem dúvidas, fizeram parte dos melhores momentos dessa jornada. E também a todos os colegas de curso pelo apoio e bons momentos de convivência, em especial a Denise, Karine e Alexandre.

Aos grandes amigos Bruna, Daniel, Lucélia, Mary, Tiago, Naiara e Janssen pela cumplicidade e bons momentos vividos.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, muito obrigada!

SUMÁRIO

Página

<u>1.INTRODUÇÃO GERAL.....</u>	<u>11</u>
<u>2.ARTIGO I – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E ÉPOCAS DE COLHEITA VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL.....</u>	<u>12</u>
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS.....	19
<u>ARTIGO II – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E ÉPOCAS DE COLHEITA VISANDO A PRODUÇÃO DE FORRAGEM.....</u>	<u>21</u>
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS.....	27
<u>3.CONDISERAÇÕES FINAIS.....</u>	<u>30</u>
<u>4.REFERÊNCIAS.....</u>	<u>30</u>

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL E DE FORRAGEM NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

RESUMO - No Brasil, a cultura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] já é comumente utilizada como forragem, desempenhando grande importância na alimentação animal. O sorgo do tipo sacarino também vem ganhando destaque e recentemente passou a ser testado como fonte alternativa de matéria prima para produção de etanol. Entender os diferentes genótipos de sorgo em diferentes condições de manejo possibilita a obtenção de resultados mais eficientes tanto do ponto de vista forrageiro, quando industrial. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento de genótipos de sorgo sacarino e de sorgo forrageiro de duplo-propósito para a produção de etanol e para a produção de forragem em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita. O experimento foi instalado em 30/11/2012, na área experimental da EPAMIG, no município de Prudente de Morais, MG. O delineamento utilizado foi o blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo duas cultivares, uma sacarina (BRS 506) e outra forrageira de duplo propósito (BRS 655), quatro densidades de semeadura (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plantas ha⁻¹) e quatro épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento). As características avaliadas foram: massa

verde, matéria seca de colmo, volume de caldo, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis, estimativa de álcool por hectare, fibra em detergente neutro de colmo, fibra em detergente ácido de colmo e hemicelulose de colmo. Verificaram-se diferenças estatísticas entre as duas cultivares para todas as características estudadas. Os resultados obtidos mostraram que a cultivar sacarina apresentou potencial forrageiro e agroindustrial superior à cultivar BRS 655, e que esta se mostrou inapta à produção de etanol. A grande maioria das variáveis analisadas foi influenciada pela densidade de semeadura e pela época de colheita, indicando que esses parâmetros afetam o rendimento industrial e forrageiro das cultivares de sorgo. Baseado nos resultados obtidos, o Período de Utilização Industrial (PUI) da cultivar BRS 506 começa no início da terceira semana após o florescimento e vai até o final do ciclo das plantas, que nesse trabalho ocorreu logo após os 30 dias após o florescimento. A densidade de semeadura em torno de 100 mil plantas ha⁻¹ já foi suficiente para se obter rendimento industrial satisfatório da cultivar sacarina. De maneira geral, a produção de matéria seca e matéria verde das cultivares de sorgo aumentaram com o aumento da densidade de semeadura, e também com o atraso na colheita das plantas. A FDN e a FDA dos colmos de plantas de sorgo tiveram comportamento semelhantes, decrescendo com o atraso na época de colheita, e também com o aumento da densidade de semeadura.

Palavras- chave: *Sorghum bicolor* L. Moench; sorgo sacarino; sorgo duplo propósito, etanol.

Comitê Orientador: Prof. Dr. Iran Dias Borges - UFSJ (Orientador).

EVOLUTION OF SORGHUM GENOTYPES [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] FOR THE ETHANOL AND FORAGE PRODUCTION IN THE CENTER REGION OF MINAS GERAIS

ABSTRACT - In Brazil, the sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is generally used as forage and it has an enormous importance for the animal feeding. The kind of sweet sorghum has been noteworthy and, recently it has been tested as an alternative raw material source for ethanol production. Understand the different sorghum genotypes, especially the sweet ones, in different conditions of handling, accrues more effective results both forage and industrial. Therefore, this project intends evaluate the sweet sorghum genotypes and double purpose sorghum for the ethanol and forage production, in different sowing densities and harvest time. The experiment was installed in 11/30/2012, at the EPAMIG experimental area, in Prudente de Moraes city, MG. The experimental design consisted of randomized blocks in a factorial arrangement 2 x 4 x 4, two cultivars, one sweet (BRS 506) and another a double purpose sorghum (BRS 655), four sowing densities (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plants ha⁻¹) and four harvest times (0, 11, 22 and 33 days after the flowering). The characteristics evaluated were: green mass, stem dry mass, broth volume, total soluble solids, reducing sugars, total reducing sugars, recoverable total sugars, estimation of alcohol per hectare, stem neutral detergent fiber, stem acid detergent fiber and stem hemicellulose. Statistical differences were verified between the cultivars for all the studied characteristics. The results showed that the sweet cultivar had presented forrageiro and agroindustrial potential higher than the cultivar BRS 655, and this one showed itself unfit to the ethanol production. The most of the analyzed variables was influenced by the sowing density and for

the harvest time, which indicates that those parameters affects the industrial and forrageiro yield of the sorghum cultivars. Based on the obtained results, the cultivar BRS 506 industrial period of use (IPU) starts at the beginning of the third week after the flowering and goes until the end of the cycle of the plants, what happened just after the 30 days after the flowering. The sowing density, thereabout 100 thousand plants ha⁻¹, was enough to obtain satisfactory industrial yield of sweet cultivar. In general, the matéria seca and matéria verde production of the sorghum cultivars had increased with the sowing density rise, and also with the plants harvest delay. The culms FDN and FDA of the sorghum plants had similar behaviors, decreasing according to the harvest time delay, and also to the sowing density increase.

Key- words: *Sorghum bicolor* L. Moech; sweet sorghum; double purpose sorghum, ethanol.

Comitê Orientador: Prof. Dr. Iran Dias Borges - UFSJ (Orientador).

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea tropical originária do continente africano (Purcino, 2011). Hoje a área plantada de sorgo no Brasil é de aproximadamente 730 mil de hectares. No território nacional, o cultivo de sorgo está se popularizando cada vez mais, e o país já se encontra entre os oito maiores produtores mundiais (Conab, 2014). Dentre os diferentes tipos de sorgo existentes, o granífero é o que tem maior expressão econômica e se encontra entre os cinco cereais mais cultivados do mundo, perdendo apenas para o trigo, arroz, milho e cevada (Ribas, 2007).

O sorgo é extremamente versátil em suas funções, que se estendem desde o seu uso na alimentação humana e animal, até sua utilização como matéria prima na produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas, tintas, confecção de vassouras e extração de açúcar (Ribas, 2007).

Agronomicamente os sorgos são classificados em 4 grupos: granífero, forrageiro para silagem e/ou sacarino, forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta e vassoura (Ribas, 2007). Vale ressaltar que cada grupo possui suas particularidades e potencial genético a ser explorado. O primeiro grupo, cuja principal finalidade é a produção de grãos para a alimentação humana e animal ou produção de amido, óleo comestível e industrial, álcool, cerveja, cera e outros, é caracterizado por possuir porte mais baixo, o que facilita a condução da lavoura e a colheita mecânica. O segundo grupo inclui tipos de porte mais alto e são apropriados para a fabricação de silagem e produção de açúcar e etanol. O terceiro grupo, também denominado de capim sudão, inclui tipos especializados para pastejo, corte verde, fenação ou cobertura morta. O capim sudão apresenta colmos mais finos em relação aos outros tipos de sorgo, o que favorece o processo de fenação. E por fim, o quarto grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas vassouras. (Ribas, 2007).

Embora o sorgo seja caracterizado por suas diversas formas de utilização, no Brasil sua principal finalidade é a produção de forragem. Esse cereal vem se destacando a cada dia na agropecuária brasileira, contribuindo significativamente para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de forragem. Além disso, o sorgo apresenta diversas características que justificam sua utilização na alimentação animal, tais como: alta digestibilidade, alto valor energético, resistência ao déficit hídrico, acelerado crescimento e emissão de perfilhos, altas taxas fotossintéticas e rápida alongação do caule, dessa forma, pode ser utilizado tanto para produção de silagem quanto no pastejo direto (Buso et al., 2011).

Segundo Purcino (2011), o sorgo se adapta a situações ambientais adversas de estresses abióticos, como altas temperaturas e baixa umidade do ar e do solo. Este comportamento de rusticidade às condições ambientais confere ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação em relação a outras espécies comerciais. Todavia, a escolha de cultivares apropriadas aos diferentes sistemas de produção constitui fator importante para a maximização da produção de massa verde, matéria seca e de grãos utilizados na alimentação animal. Por conseguinte, torna-se necessário a avaliação de cultivares de sorgo, bem como o estudo do manejo mais adequado, disponibilizando ao produtor rural informações técnicas, a fim de se obter maiores rendimentos da cultura (Santos & Grangeiro, 2013).

Outro tipo de sorgo que vem ganhando destaque no território nacional é o sacarino. As constantes crises energéticas e a crescente preocupação com o meio ambiente têm levado a uma busca por fontes de energia limpa e renovável. Nesse contexto, o sorgo sacarino vem sendo testado como alternativa viável para produção de etanol de forma a incrementar a produção nacional. Durante a crise energética mundial, causada pela elevação do preço do petróleo, o Brasil começou a pesquisar fontes alternativas de energia, encontrando na cana-de-açúcar a principal matéria-prima para produção de álcool etílico. No ano de 1977, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), incluiu no seu programa de melhoramento, trabalhos com sorgo sacarino visando à produção de bioenergia. Foram desenvolvidas novas cultivares de sorgo sacarino adaptadas às condições brasileiras, com rendimentos superiores às aquelas originárias dos E.U.A. (Schaffert, 1986 citado por Andrade & Oliveira, 1988). As cultivares sacarinas apresentam colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentáveis, e podem servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. Trata-se de uma espécie de ciclo curto (quatro meses), totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratos culturais e colheita), com alta produtividade de biomassa (60 a 80 t.ha⁻¹) e altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹). Ainda verifica-se que é possível ajustar a mesma estrutura para colheita e processamento da biomassa (moagem, fermentação e destilação) utilizada para cana-de-açúcar (Purcino, 2011).

Dessa forma, o sorgo além de ser uma excelente alternativa como cereal e cultura forrageira a produtores e pecuaristas, seria opção de fonte de matéria prima complementar as indústrias de açúcar e álcool. O estudo do comportamento dos genótipos de sorgo em diferentes condições de manejo possibilita a adoção de estratégias mais eficientes do ponto de vista agrônomo, forrageiro e industrial. Isso contribui para o aumento na produção e redução

de custos na lavoura, pela utilização mais racional e otimizada dos recursos de produção (Borges, 2006).

Pires et al. (2006) observaram que a qualidade da silagem e a produção de matéria seca de sorgo variam com a época de corte, sendo que crescem a partir do florescimento até um ponto ótimo, situado por volta dos 28 dias após o florescimento, a partir de quando estabilizam até a maturidade fisiológica. Por sua vez, Pinho & Vasconcelos (2002) constataram que, concomitante ao aumento da matéria seca, ocorre também uma redução da digestibilidade da silagem quando as plantas permanecem mais tempo no campo. Assim, o ponto ótimo para ensilagem estaria antes da maturidade fisiológica, quando os grãos apresentarem consistência pastosa a farinácea. É importante salientar, contudo, que os autores observaram diferenças significativas entre os genótipos de sorgo.

Webster et al. (1984), em estudos realizados em Oklahoma nos EUA, mostraram a importância da época de colheita no rendimento e na composição do caldo de colmos de sorgo sacarino. Após o florescimento e fertilização, a planta de sorgo inicia o processo de desenvolvimento e maturação dos grãos, o que influencia na produção de massa total da planta, como também do colmo e panícula. Dessa forma, a época de colheita das plantas pode afetar tanto a produção de massa como a de caldo do colmo.

Outro fator que pode interferir no rendimento da cultura do sorgo é a densidade de semeadura. Segundo Silva et al., (2001), o maior número de plantas por área pode favorecer a produção de grãos e de massa seca. Todavia, o mesmo autor destaca que o sorgo pode compensar, até certo ponto, a redução do estande com a emissão de perfilhos. Ainda, alguns autores, estudando populações de plantas de sorgo sacarino, demonstraram que a densidade de semeadura afeta a produtividade de massa verde e volume de caldo (Pereira et al., 2013; May et al., 2012; Albuquerque et al., 2012).

Segundo May et al. (2012), o aumento da densidade de semeadura pode proporcionar maior competição intraespecífica, afetando diretamente a fotossíntese e, conseqüentemente, a redução da produção de sólidos solúveis totais. Dessa forma, torna-se relevante a identificação da densidade mais adequada para os diferentes sistemas de produção e genótipos de sorgo.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar qualitativamente e quantitativamente o comportamento de genótipos de sorgo sacarino e forrageiro de duplo propósito em diferentes densidades de plantas e diferentes épocas de colheita. Para tanto,

foram elaborados dois artigos: i) Avaliação de genótipos de sorgo em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita visando a produção de etanol; ii) Avaliação de genótipos de sorgo em diferentes densidade de semeadura e épocas de colheita visando a produção de forragem.

2. ARTIGO I – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E ÉPOCAS DE COLHEITA VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL

Artigo para submissão à Revista Brasileira de Milho e Sorgo

RESUMO – A demanda mundial por combustíveis renováveis tem aumentado rapidamente nos últimos anos. Nesse cenário, o sorgo sacarino vem ganhando destaque e passou a ser testado como fonte alternativa de matéria prima para a produção de etanol. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da densidade de semeadura e da época de colheita no rendimento industrial de cultivares de sorgo sacarino (BRS 506) e de duplo-propósito (BRS 655) na região central de Minas Gerais. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo duas cultivares (BRS 506 e BRS 655), quatro densidades de semeadura (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plantas ha⁻¹) e quatro épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento). As características avaliadas foram: massa verde, matéria seca de colmo, volume de caldo, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis e estimativa de álcool por hectare. A cultivar sacarina apresentou potencial agroindustrial superior à cultivar BRS 655, e esta se mostrou inapta à produção de etanol. O Período de Utilização Industrial (PUI) da cultivar BRS 506 iniciou-se na terceira semana após o florescimento, estendendo-se até o final do ciclo das plantas. A densidade de semeadura em torno de 100 mil plantas ha⁻¹ já foi suficiente para se obter rendimento industrial satisfatório da cultivar sacarina. De maneira geral, a produção de matéria seca e matéria verde das cultivares de sorgo aumentaram com o aumento da densidade de semeadura, e também com o atraso na colheita das plantas.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, biocombustível, Brix, sorgo sacarino, sorgo duplo-propósito.

ARTICLE I – EVALUATION OF SORGHUM GENOTYPES IN DIFFERENT SOWING DENSITIES AND HARVEST TIMES AIMING THE ETHANOL PRODUCTION

ABSTRACT – The world demand for renewable fuels has been increased quickly in the last few years. In this reality, the sweet sorghum has been noteworthy and has been tested as an alternative raw material source for the ethanol production. This project intended to evaluate the effective of the sowing density and the harvest time at the sweet sorghum industrial yield (BRS 506) and double purpose (BRS 655) in the center region of Minas Gerais. The experimental design consisted of randomized blocks in a factorial arrangement 2 x 4 x 4, two cultivars, one sweet (BRS 506) and another a double purpose sorghum (BRS 655), four sowing densities (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plants ha⁻¹) and four harvest times (0, 11, 22 and 33 days after the flowering). The evaluated characteristics were: green mass, stem dry mass, broth volume, total soluble solids, reducing sugar, total reducing sugar, recoverable total sugar and estimation of alcohol per hectare. The sweet cultivar had presented agroindustrial potential higher than the cultivar BRS 655, and this one showed itself unfit to the ethanol production. The cultivar BRS 506 industrial period of use (IPU) starts at the beginning of the third week after the flowering and goes until the end of the cycle of the plants, what happened just after the 30 days after the flowering. The sowing density, thereabout 100 thousand plants ha⁻¹, was enough to obtain satisfactory industrial yield of sweet cultivar. In general, the matéria seca and matéria verde production of the sorghum cultivars had increased with the sowing density rise, and also with the plants harvest delay.

Key words: *Sorghum bicolor*, biofuel, Brix, sweet sorghum, double-purpose sorghum.

INTRODUÇÃO

As constantes crises energéticas e a crescente preocupação com o meio ambiente têm levado a uma busca por fontes de energia limpa e renovável. Nesse contexto, o sorgo sacarino vem ganhando destaque. Esse cereal, rico em caldo e açúcares, vem sendo testado como alternativa para produção de etanol de forma a incrementar a produção nacional.

A cana-de-açúcar já é tradicionalmente utilizada no país para a produção de biocombustível. Em virtude da elevada demanda por etanol, o sorgo sacarino tem se mostrado uma opção complementar de matéria prima às usinas. Essa planta apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentáveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. Trata-se de uma espécie de ciclo curto (quatro meses), totalmente mecanizável, com alta produtividade de biomassa (60 a 80 t.ha⁻¹), altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹) e seu bagaço pode ser utilizado como fonte de energia para indústrias através da geração de vapor. Além disso, é possível ajustar a mesma estrutura de colheita e processamento da biomassa utilizada para cana-de-açúcar (Purcino, 2011). Desse modo, o sorgo sacarino tem sido recomendado, no Brasil, para cultivos em áreas de reforma de canaviais, visando fornecer matéria-prima para a produção de etanol na entressafra de cana-de-açúcar. O semeio é indicado, para a maioria das áreas produtoras de cana (regiões Centro-Oeste e Sudeste), entre os meses de novembro e dezembro e a colheita é programada para março e abril, justamente quando a cana ainda não apresenta elevados valores de Brix, inviabilizando seu corte (May, 2011). Assim, é possível reduzir o período de ociosidade da indústria e favorecer o corte da cana-de-açúcar após sua maturação completa. Contudo, pra que se consiga o correto desenvolvimento da lavoura, almejando altas produtividades de biomassa e, conseqüentemente, elevada produção de caldo por hectare, a lavoura de sorgo sacarino requer, como qualquer cultura, manejo adequado e utilização de materiais genéticos de qualidade.

As variedades de sorgo revelam consideráveis diferenças, no que tange às características da planta e do grão, bem como às respostas fisiológicas aos fatores ambientais (Landau & Sans, 2011). Entender o comportamento dos diferentes genótipos possibilita a adoção de estratégias de manejo mais eficientes tanto do ponto de vista agrônomo, quanto forrageiro e industrial, proporcionando elevada qualidade e produtividade, além da redução de custos na lavoura, pela utilização mais racional e eficiente dos recursos de produção (Borges, 2006).

Segundo Borgonovi et al. (1982), a escolha de cultivares adequadas constitui um dos fatores de maior importância no cultivo do sorgo sacarino para produção de álcool. Ainda, segundo os mesmos autores, características como rendimento de colmo, resistência ao acamamento, teor de açúcares redutores totais e porcentagem de caldo extraível devem ser contempladas na escolha da cultivar.

Outros fatores, como o conhecimento do ponto de colheita adequado e a população de plantas a ser adotada, devem ser considerados para a maximização dos rendimentos. Webster et al. (1984), em estudos realizados em Oklahoma nos EUA, mostraram a importância da época de colheita no rendimento e na composição do caldo de colmos de sorgo sacarino. Após o florescimento e fertilização, a planta de sorgo inicia o processo de desenvolvimento e maturação dos grãos, o que influencia na produção de massa total da planta, como também do colmo e panícula. Dessa forma, a época de colheita das plantas pode afetar tanto a produção de massa como a de caldo do colmo. Ainda, alguns autores, estudando populações de plantas de sorgo sacarino, demonstraram que a densidade de semeadura afeta a produtividade de massa verde e volume de caldo (Pereira et al., 2013; May et al., 2012; Albuquerque et al., 2012).

Os trabalhos relacionados ao manejo cultural do sorgo sacarino são escassos e, apesar de ser uma cultura bastante antiga no Brasil, ainda demanda muitas pesquisas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho industrial de genótipos de sorgo, sacarino e de duplo-propósito, para a produção de etanol, em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na safra de primavera-verão 2012/2013 para a avaliação do desempenho industrial de genótipos de sorgo sacarino e de sorgo forrageiro em quatro densidades de plantas e quatro épocas de colheita das plantas, considerando a época de semeadura recomendada para a região de Sete Lagoas - MG. O experimento foi implantado em condições de campo em área experimental da EPAMIG, no município de Prudente de Morais, área limítrofe ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS, sob sistema convencional de cultivo.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, cujo clima, segundo Köppen (Ometto, 1981) é do tipo AW (tropical estacional de savana, inverno seco), temperatura média anual de 22,1°C e precipitação média anual de 1340 mm. Foram

utilizados dois híbridos de sorgo, um sacarino (BRS 506) e um de duplo propósito para forragem e etanol (BRS 655), recomendados para as condições edafoclimáticas da região central de Minas Gerais.

O preparo do solo constituiu de uma aração seguida de duas gradagens. O experimento foi instalado em 30/11/2012, as sementes foram semeadas manualmente de modo que após o desbaste a população fosse equivalente à sugerida para cada tratamento, sendo o desbaste realizado 20 dias após a emergência.

A correção do solo e as adubações de plantio e cobertura foram realizadas considerando a análise química do solo que é apresentada na Tabela 1. Todos os tratamentos receberam 350 kg ha⁻¹ da fórmula 04-28-20 + 0,3% de Zn no momento do plantio. Realizou-se a adubação de cobertura 34 dias após a emergência com 90 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 1. Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental. Laboratório de fertilidade dos solos, Epamig, Nova Porteirinha, MG.

Prof (cm)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
0-20	13	69	0,2	4,0	0,7	0,0	4,6
Prof (cm)	pH	MO	SB	T	T	V	M
0-20	5,5	2,4	5,0	5,0	9,7	52	0,0

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com herbicida à base de atrazina na dosagem de 3 l ha⁻¹ do produto comercial. Realizou-se uma pulverização para o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com o inseticida Decis, na dosagem de 200 ml ha⁻¹.

O experimento foi conduzido em condição de sequeiro, portanto, não foi realizada irrigação suplementar.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 3 repetições, e tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 cultivares (BRS 506 e BRS 655) x 4 densidades de plantas (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹) x 4 épocas de colheita (Pleno florescimento; 11, 22 e 33 dias após o pleno florescimento). Totalizando 96 parcelas experimentais para avaliação do caldo extraído.

Na definição das cultivares a utilizar consideraram-se as características referentes à capacidade de produção e a qualidade do caldo produzido, o baixo perfilhamento e boa produção de massa. Quanto às densidades de plantas contemplaram-se valores abaixo e acima dos recomendados para o *Sorghum bicolor* L. Moench para a produção e qualidade de caldo e de forragem considerando as cultivares escolhidas.

As parcelas experimentais constituíram de quatro linhas de plantio de cinco metros de comprimento, espaçadas entre si a 0,70 m, sendo as duas linhas centrais consideradas área útil para efeito de coleta de dados e observações, desprezando-se 1,0 m nas extremidades.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de massa verde (MV), matéria seca de colmo (MS colmo), volume de caldo (VC), teor de sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR) e produção estimada de álcool por hectare.

A colheita do material vegetal de cada parcela experimental obedeceu à orientação dos tratamentos propostos. Para fim da época de colheita, considerou-se pleno florescimento quando as plantas se apresentavam com 50% da parcela liberando pólen. As datas das colheitas são apresentadas na Tabela 2. Pesaram-se todas as plantas da área útil da parcela em balança do tipo dinamômetro, os valores obtidos foram transformados em kg ha^{-1} para a obtenção da massa verde da planta toda (colmo, folhas e panícula). Em seguida, retirou-se uma amostra de oito colmos ao acaso que em laboratório do CNPMS-EMBRAPA foram moídas em uma ensiladeira estacionária e homogeneizadas em uma betoneira acoplada ao equipamento de moagem. Foram retiradas duas amostras de 500g de cada material triturado para as análises do caldo e obtenção da matéria seca, respectivamente. O conteúdo do caldo do colmo foi extraído de uma das amostras de 500g do material fresco (colmo moído e homogeneizado) em uma prensa hidráulica Hidraseme, modelo PHS 250, por 60 segundos, com pressão de trabalho de 145 bar sobre uma amostra de 250kgf cm^{-2} , resultando em força de prensagem de 45 t. Após prensagem, o volume de caldo foi medido e transformado em l ha^{-1} e o teor de sólidos solúveis totais mensurado com refratômetro digital de leitura automática em ° Brix. A outra amostra de 500g do material triturado foi enviada para uma estufa com ventilação forçada de ar a 55°C onde se realizou uma pré-secagem até peso constante, e pesagem em balança analítica. O peso resultante, com base na massa verde obtida, foi transformado em t ha^{-1} , obtendo-se assim a massa seca de colmo. Os açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR) e estimativa de álcool por

hectare foram determinados de acordo com a metodologia descrita no CONSECANNA. Foram utilizadas as seguintes fórmulas: $AR \% \text{ caldo} = 3,641 - 0,0343 \times \text{Pureza aparente do caldo}$; $ART = Pol \div 0,95 + AR$; $\text{Pureza do caldo} = 100 \times Pol \div \text{Brix do caldo}$; $\text{Alcool ha}^{-1} = ART \times 10 \times 0,6475 \times 0,85 \times \text{Massa Verde}$ (Consecana-SP 2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância individualmente, e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F ($P < 0,05$), foram ajustados modelos de regressão com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância.

TABELA 2. Data das colheitas

Colheita	Data	
	BRS 506	BRS 655
1° - Florescimento	04/03/2013*	21/02/2013**
2° - 11 DAF	15/03/2013	04/03/2013
3° - 22 DAF	26/03/2013	15/03/2013
4° - 33 DAF	05/04/2013	26/03/2013

* O florescimento da cultivar BRS 506 se deu 88 dias após a emergência.

**O florescimento da cultivar BRS 655 se deu 77 dias após a emergência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância, para todas as características estudadas, está apresentado na Tabela 1. Conforme observado, as cultivares exibiram comportamento diferenciado ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis analisadas. A densidade de semeadura influenciou ($p \leq 0,05$) a grande maioria das variáveis, excetuando os açúcares totais recuperáveis (ATR) e os açúcares redutores totais (ART). Das características estudadas, apenas a matéria verde (MV) não variou em relação à época de colheita das plantas. Na interação cultivar x densidade de semeadura, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) somente para sólidos solúveis totais (SST). Assim como para época de colheita, na interação cultivar x época de colheita não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas para matéria verde. Na interação densidade de semeadura x época de colheita, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) para matéria seca de colmo (MS colmo) e volume de caldo (VC). A precisão experimental, que tem como um dos parâmetros de avaliação o CV(%), pode ser considerada boa, variando de 8,42% a 17,68%.

TABELA 1. Resumo das análises de variância para massa verde (MV) em t ha⁻¹, matéria seca de colmo (MS Colmo) em t ha⁻¹, volume de caldo (VC) em l ha⁻¹, teor de sólidos solúveis totais (°Brix), açúcares redutores (AR%), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores totais (ART) e estimativa de álcool (Alc l ha⁻¹) de duas cultivares (C) de sorgo (BRS 506 e BRS 655) em função da densidade de semeadura (D) e época de colheita (E). UFSJ, Sete Lagoas - MG, 2014.

FV	GL	Quadrado médio			
		MV	MS Colmo	VC	SST
C	1	2001,844*	231.913*	2,031*	519,964*
D	3	3790,036*	246.742*	1,536*	11,632*
E	3	31,737 ^{NS}	38.208*	114378099,502	44,078*
C x D	3	5,214 ^{NS}	2.120 ^{NS}	*	2,854*
C x E	3	122,770 ^{NS}	39.805*	4002732,398 ^{NS}	7,576*
D x E	9	136,435 ^{NS}	8.855*	758768530,262	1,103 ^{NS}
C x D x E	9	118,829 ^{NS}	5.694 ^{NS}	*	0,462 ^{NS}
Bloco	2	124,831 ^{NS}	11.237 ^{NS}	37837442,812	3,381*
Erro	62	73,756	4.250	63346863,626	0,897
CV (%)		12,71	13,81	NS	8,42
Média		67,588	14,93	34081589,120	11,242
FV	GL	Quadrado médio			
		AR	ART	ATR	Alc ha ⁻¹
C	1	6,181*	354,6628*	20807,015*	102682346,541
D	3	0,371*	0,4492 ^{NS}	30,221 ^{NS}	*
E	3	2,812*	41,6814*	10656334,862*	10418476,462*
C x D	3	0,106 ^{NS}	1,7228 ^{NS}	2046,933*	888981,609 ^{NS}
C x E	3	0,679*	7,4131*	92,295 ^{NS}	7604558,711*
D x E	9	0,047 ^{NS}	0,6960 ^{NS}	365,175*	602248,206 ^{NS}
C x D x E	9	0,032 ^{NS}	0,2929 ^{NS}	37,531 ^{NS}	259460,053 ^{NS}
Bloco	2	0,012 ^{NS}	0,6038 ^{NS}	13,741 ^{NS}	734611,240 ^{NS}
Erro	62	0,068	0,6763	35,274 ^{NS}	342994,314
CV (%)		14,44	9,79	33,785	17,68
Média		1,8027	8,3995	9,48	3313,215

* significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} não significativo; GL: grau de liberdade.

O peso de massa verde aumentou linearmente com a elevação do número de plantas por área (FIGURA 2), sendo que independente da época de colheita e da densidade de plantas adotadas, a cultivar sacarina BRS 506 obteve maiores rendimentos de massa verde que a

cultivar forrageira BRS 655, produzindo cerca de 72 t ha⁻¹ e 63 t ha⁻¹, respectivamente (FIGURA 3).

Segundo Pereira Filho et al. (2013), em média, as cultivares de sorgo sacarino utilizadas como matéria prima para produção de etanol apresentam variação no rendimento de 40 t ha⁻¹ a 60 t ha⁻¹. Como observado, a produtividade média de massa verde obtida neste trabalho para a cultivar BRS 655 de 63 t ha⁻¹ encontra-se próxima ao intervalo de rendimento citado. Por sua vez, a cultivar BRS 506 obteve rendimentos bem superiores ao referenciado pelos autores acima. O maior rendimento de massa verde obtido neste estudo em relação a outros trabalhos para a cultivar sacarina pode estar relacionado a fatores ambientais e ao manejo adotado.

A superioridade de produtividade de massa verde da cultivar BRS 506 em relação à BRS 655 também foi observada por Santos et al. (2013) ao avaliarem essa característica em cultivares de sorgo no Semiárido brasileiro. Essa diferença encontrada está associada a características genéticas das cultivares e a fatores ambientais.

A relação entre peso médio de massa verde e a densidade de plantas apresentou comportamento semelhante aos dos estudos realizados por Pereira et al. (2013), em que houve um aumento de massa verde de sorgo com o aumento da densidade de plantas. Por outro lado, May et al. (2012) observaram que no espaçamento de 0,7 m, como o utilizado neste trabalho, a densidade de plantas não influenciou no rendimento de massa verde de cultivares de sorgo sacarino (BRS 505 e CMSXS 647).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 2. Produção média de massa verde (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 3. Produção média de massa verde (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após

florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Em relação à produtividade de matéria seca de colmo, até a 2^a época de colheita não se observaram diferenças estatísticas entre as cultivares. A partir da 3^a época de colheita (22 dias após florescimento) a produtividade de matéria seca de colmo da cultivar BRS 506 foi superior à BRS 655. A cultivar BRS 506 obteve aumento linear de matéria seca de colmo à medida que aumentou a permanência das plantas no campo, com acúmulo estimado de 0,16 t ha⁻¹ por cada dia de atraso na colheita após o florescimento. Já o sorgo forrageiro não variou o teor de matéria seca de colmo em função da época de colheita (FIGURA 4). Provavelmente isso ocorreu por não contemplarmos a contribuição das folhas e, principalmente, da panícula, que são importantes na composição da matéria seca total de cultivares forrageiras, sendo que é a panícula que significativamente ganha massa após o florescimento em plantas de sorgo. Já para a cultivar BRS 506 sacarina, que a contribuição do colmo é maior que em cultivares forrageiras (local de grande acúmulo de caldo e açúcares após o florescimento), pôde-se observar ganhos.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 4. Produção média de matéria seca de colmo (55°C) (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Assim como para matéria verde, houve um aumento linear da matéria seca de colmo em função do aumento da densidade de plantas, independente da época de colheita das plantas. Para todas as densidades adotadas, considerando o intervalo estudado, a produção de matéria seca de colmo foi sempre maior na 4^a época de colheita (33 dias após o florescimento). De maneira geral, o corte das plantas no florescimento proporcionou menores valores de matéria seca de colmo que atingiram valores máximos na parte final do ciclo (FIGURA 5). Podemos inferir, então, que as plantas de sorgo acumulam massa de forma crescente e linear do florescimento até o final do ciclo.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 5. Produção média de matéria seca de colmo (55°C) (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Quanto ao volume de caldo, as cultivares apresentaram comportamento diferenciado com o atrasado da colheita das plantas sendo que, de maneira geral, a cultivar BRS 506 foi sempre superior a BRS 655. Essa superioridade é mais evidente aos 33 dias após o florescimento, quando se observaram os maiores rendimentos de volume de caldo para a cultivar sacarina, que obteve aumento crescente à medida que se aproximou da parte final do ciclo. Já para a cultivar forrageira, o volume de caldo reduziu linearmente com o atraso na época de colheita das plantas, com decréscimos de 353 l ha⁻¹ para cada dia de atraso (FIGURA 6), demonstrando que para essa cultivar, o atraso na colheita não gera elevações na produção de caldo e, conseqüentemente, nos componentes do conteúdo do caldo e na produção de etanol.

Independente da época de colheita, o volume de caldo cresceu linearmente com o aumento da densidade de plantas. Assim como para matéria verde e para matéria seca de colmo, evidenciou-se a obtenção de maiores valores de volume de caldo na maior densidade adotada (160.000 plantas ha⁻¹). Vale ressaltar que nessa densidade a colheita realizada aos 33 dias após o florescimento mostrou-se mais promissora e que até a densidade de 130.000 plantas ha⁻¹ a colheita no florescimento proporcionou maiores valores (FIGURA 7). O incremento no rendimento de caldo com o aumento na densidade de plantas também foi observado por outros autores em trabalhos com populações de plantas de sorgo sacarino (Pereira Filho et al., 2013; Albuquerque et al., 2012; May et al., 2012), onde os maiores volumes de caldo foram obtidos com as maiores populações de plantas.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 6. Produção média do volume de caldo (l ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

FIGURA 7. Produção média do volume de caldo ($l\ ha^{-1}$) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha^{-1}). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais (Brix), independente da época de colheita e da densidade adotada, a cultivar BRS 506 obteve maiores valores. Isso pode ser justificado pela diferença genética das cultivares avaliadas. O Brix da cultivar sacarina cresceu linearmente com o atraso na época de colheita das plantas e com o aumento da densidade de semeadura. Entretanto, é importante destacar que os valores de Brix dessa cultivar foram semelhantes estatisticamente a partir de 100 mil plantas ha^{-1} (FIGURAS 8 e 9). Pereira Filho et al. (2013), avaliando o rendimento de cinco cultivares de sorgo em diferentes densidades de semeadura, não constataram variação no Brix com o aumento da população de plantas. Por outro lado, May et al. (2012) observaram redução do Brix do caldo com o aumento da população de plantas. Ainda, segundo o mesmo autor, o aumento da densidade de semeadura pode proporcionar maior competição intraespecífica, afetando diretamente a fotossíntese e, conseqüentemente, a redução da produção de sólidos solúveis totais, o que não ocorreu neste trabalho, no qual se observaram os maiores rendimentos de sólidos solúveis totais nas maiores populações de plantas.

A cultivar BRS 655 proporcionou os maiores valores de Brix na combinação de 160 mil plantas ha^{-1} e colheita aos 33 dias após florescimento, ressalvando-se, contudo, que nesse ponto, diferentemente da cultivar sacarina, a cultivar forrageira proporcionou o menor volume de caldo (FIGURAS 8 e 9). Visando maiores rendimentos de etanol, as cultivares devem possuir alta produtividade de caldo associada a altos teores de Brix (Albuquerque et al., 2012). Dessa forma, e diante dos resultados apresentados para esses componentes, evidencia-se a superioridade de rendimento industrial da cultivar BRS 506 em relação a cultivar BRS 655.

Avaliando o teor de sólidos solúveis totais da cultivar BRS 506 em diferentes densidades de semeadura, com espaçamentos entrelinhas de 0,7 m e colheita na maturidade

fisiológica dos grãos, Pereira Filho et al. (2013) observaram valor médio de 15,5° Brix, e May et al. (2013), avaliando 13 cultivares de sorgo sacarino em Nova Porteirinha, MG encontraram, para a mesma cultivar, Brix médio de 13,27. Esses valores estão dentro da amplitude encontrada no presente estudo, que obteve valores de Brix variando de 11,53 a 15,83 no intervalo de 0 a 33 dias após o florescimento.

Segundo May et al. (2013), o caldo do sorgo sacarino deve apresentar um Brix mínimo variando de 14,25 a 14,5, tendo como objetivo obter alta qualidade de fermentação do caldo e, conseqüentemente, maximizar a produção de etanol por área. Esse valor, se consideramos todas as densidades adotadas e as equações estimadas, é obtido para a cultivar BRS 506, aproximadamente, a partir de 22 dias após o florescimento (DAF). Assim, é possível inferir ser a partir de 22 DAF o início do período de utilização industrial de sorgo sacarino nas condições de realização deste trabalho, considerando os parâmetros sugeridos por May et al. (2013). Já a cultivar BRS 655 não obteve valores satisfatórios de Brix até a parte final de seu ciclo (FIGURA 8).

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 8. Teor médio de sólidos solúveis totais (° Brix) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 9. Teor médio de sólidos solúveis totais (SST) em° Brix obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

O teor de açúcares redutores (AR) cresceu linearmente com o aumento da densidade de semeadura. Contudo, observaram-se valores semelhantes estatisticamente a partir de 100

mil plantas ha⁻¹. Para cada mil plantas acrescidas à população ocorre um aumento de 3% no teor de açúcares redutores (FIGURA 10).

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 10. Teor médio de açúcares redutores (AR%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

O teor de açúcares redutores (AR), de maneira geral, decresceu com o atraso na época de colheita das plantas, com valores mínimos obtidos próximos ao final do ciclo para a cultivar BRS 506 e aos 19 dias para a BRS 655, estimados pelas equações de regressão apresentados na FIGURA 11. Contudo, para a cultivar sacarina, a partir de 11 DAF esse parâmetro se mantém constante. Isso sugere ser esse genótipo muito estável para essa característica quando se atrasa a colheita.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 11. Teor médio de açúcares redutores (AR%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

O comportamento das cultivares em relação às variáveis açúcares redutores totais (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR) e estimativa de álcool por hectare (Álcool ha⁻¹) foi semelhante, com superioridade da cultivar BRS 506, que obteve um crescimento linear com o atraso na colheita das plantas (FIGURAS 12, 13, 14). Ainda é possível observar que, para as variáveis citadas acima, a cultivar BRS 655 obteve os menores valores no florescimento e os maiores valores e semelhantes entre si, nas demais épocas (FIGURAS 12, 13 e 14).

Segundo May et al. (2013), a viabilização econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino requer níveis mínimos de produção de açúcar e teor de açúcares redutores totais (ART) no caldo, apresentando um ART mínimo de 12,5%, capaz de gerar aproximadamente 3.000 litros por hectare. Os resultados de ART obtidos neste trabalho são inferiores ao valor citado acima. Ainda assim, a cultivar BRS 506 obteve produção estimada de álcool satisfatória, superando os 3.000 litros por hectare (FIGURA 14).

Os resultados obtidos no presente estudo para essas três variáveis (ART, ATR e Álcool ha⁻¹) confirmam a aptidão industrial da cultivar BRS 506, sugerindo o início da época de colheita a partir da terceira semana após o florescimento (14 DAF) para essa cultivar, quando é possível obter valores de Brix próximos a 14% (FIGURA 9) e produção estimada de álcool por hectare superior a 4.000 litros, aferidos pelas equações de regressão apresentadas nos gráficos (FIGURA 15). Assim, teríamos um período de utilização industrial (PUI) iniciando no início da terceira semana após o florescimento e até o final do ciclo que, neste caso, se deu logo após os 30 DAF.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 12. Teor médio de açúcares totais recuperáveis (ATR) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 13. Teor médio de açúcares redutores totais do caldo (ART) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 14. Estimativa da produção média de álcool (l ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

A estimativa de álcool por hectare cresceu linearmente com o aumento da densidade de semeadura, com incrementos de 16,2 l ha⁻¹ para cada 1.000 plantas acrescidas à população. Valores máximos foram obtidos com 160 mil plantas ha⁻¹ (FIGURA 15).

Contudo, é possível inferir que, apesar da maior produção de álcool e de matéria verde na população de 160 mil plantas ha⁻¹ e considerando as semelhanças das produções de álcool nas populações de 100 e 130 mil plantas ha⁻¹ (FIGURA 15), provavelmente a partir de 100 mil plantas ha⁻¹ já seria possível se obter valores satisfatórios de produção de álcool, visto que a partir dessa densidade os valores de Brix são semelhantes estatisticamente. Também, uma densidade maior onera o gasto com sementes e reduz o rendimento operacional da semeadura. Reforçando essa inferência, ressalta-se que o volume de caldo, a matéria verde, e o Brix, considerando a cultivar sacarina, tiveram comportamento semelhante, com crescimento linear em função do aumento da densidade. Além disso, essas variáveis tem correlação positiva com o rendimento de etanol.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 15. Estimativa da produção média de álcool (l ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

CONCLUSÕES

O Período de Utilização Industrial (PUI) da cultivar BRS 506 começa no início da terceira semana após o florescimento e vai até o final do ciclo das plantas.

A densidade de semeadura em torno de 100 mil plantas ha⁻¹ já é suficiente para se obter rendimento industrial satisfatório de cultivares de sorgo.

A cultivar BRS 506 tem aptidão para produção de etanol muito superior à BRS 655, que se mostrou inapta.

REFERÊNCIAS

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

BORGES, I. D. Marcha de Absorção de Nutrientes e Acúmulo de Matéria Seca em Milho. 2006, 168p, Tese (Fitotecnia) - UFLA, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BORGONOV, R. A.; GIACOMINI, S. R.; SANTOS, H. L.; FERREIRA, A. S.; WAQUIL, J. M.; SILVA, J. B. CRUZ, I. Recomendação para o plantio de sorgo sacarino. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1982. 16p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 8).

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) par Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. **Cultivo do Sorgo**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Versão eletrônica), 7^a ed, set. 2011. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/clima.htm Acesso em: ago. 2014.

MAY, A. et al. Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36p. (Circular Técnica, 186).

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

MAY, A. Boas práticas agrícolas para o cultivo de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista** [Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia]. Brasília, Ano II, ed 3, p.16-17, ago, 2011.

OMETTO, J. C. Classificação Climática. In: OMETTO, J. C. Bioclimatologia tropical. São Paulo: Ceres, 1981, p.390-398.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 118-127, 2013.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**. [Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia]. Brasília, Ano II, ed 3, p. 6, ago, 2011.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; RODRIGUES, J. A. S.; COSTA, C. T. F.; OLIVEIRA, G. F. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences Maringá, v. 35, n. 1, p. 13-19, Jan.-Mar., 2013.

WEBSTER, J.E.; BENEFIELD, D.; DAVIES, F. Yield and composition of sorghum juice in relation to time of harvest in Oklahoma. **Agronomy Journal**, v.46, p.157-160, 1984.

ARTIGO II – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E ÉPOCAS DE COLHEITA VISANDO A PRODUÇÃO DE FORRAGEM

Artigo para submissão à Revista Brasileira de Milho e Sorgo

RESUMO – Este trabalho objetivou avaliar o efeito da densidade de semeadura e da época de colheita no potencial produtivo e qualitativo de cultivares de sorgo visando à produção de forragem na região centra de Minas Gerais. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso,

em esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo duas cultivares, uma sacarina (BRS 506) e outra forrageira de duplo-propósito (BRS 655), quatro densidades de semeadura (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plantas ha⁻¹) e quatro épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento). As características avaliadas foram: massa verde, matéria seca de colmo, fibra em detergente neutro de colmo, fibra em detergente ácido de colmo e hemicelulose de colmo. A cultivar sacarina apresentou potencial forrageiro superior à cultivar BRS 655. A grande maioria das variáveis analisadas foi influenciada pela densidade de semeadura e pela época de colheita, indicando que esses parâmetros afetam o rendimento forrageiro das cultivares de sorgo. De maneira geral, a produção de matéria seca e matéria verde das cultivares de sorgo aumentaram com o aumento da densidade de semeadura, e também com o atraso na colheita das plantas. A cultivar sacarina na combinação de 160 mil plantas ha⁻¹ e colheita aos 33 dias após florescimento foi a mais satisfatória para a produção de massa. A FDN e a FDA dos colmos de plantas de sorgo tiveram comportamento semelhantes, decrescendo com o atraso na época de colheita, e também com o aumento da densidade de semeadura. Constataram-se menores valores de hemicelulose de colmo na parte final do ciclo da planta.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, forragem, sorgo duplo- propósito.

ARTICLE II – EVALUATION OF SORGHUM GENOTYPES IN DIFFERENT SOWING DENSITIES AND HARVEST TIMES AIMING THE ETHANOL PRODUCTION

ABSTRACT – The intention of this Project was evaluate the effect of the sowing density and of the harvest time on the productive and qualitative potential of the sorghum cultivars, aiming the forage production in the center of Minas Gerais. The experimental design consisted of randomized blocks in a factorial arrangement 2 x 4 x 4, two cultivars, one sweet

(BRS 506) and another a double purpose sorghum (BRS 655), four sowing densities (70.000, 100.000, 130.000 e 160.000 plants ha⁻¹) and four harvest times (0, 11, 22 and 33 days after the flowering). The characteristics evaluated were: green mass, stem dry mass, stem neutral detergent fiber, stem acid detergent fiber and stem hemicellulose. The sweet cultivar had showed forage potential higher than the cultivar BRS 655. The most of the analysed variables was influenced by the sowing density and for the harvest time. In general, the dry mass and the green mass production of the sorghum cultivars had increased with the sowing density increase, and also with the delay on the plants harvest. The sweet cultivar on the conjunction of the 160 thousand plants ha⁻¹ and the harvest at 33 days after the flowering was the most satisfactory for the mass production. The FDN and the FDA of the sorghum plants showed similar behavior, decreasing with the delay on the harvest time, and also with the sowing density increase. Lower values of stem hemicellulose were found on the last plant cycle.

Key words: *Sorghum bicolor*, forage, double purpose sorghum.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo desempenha grande importância dentro do sistema de produção da bovinocultura brasileira (Buso et al., 2011). No país, predominam os sistemas de produção nos quais o pasto é a base da alimentação dos animais. Por isso, demandam estratégias para contornar a descontinuidade de produção de forragem durante o ano, em virtude das variações climáticas decorrentes das estações do ano (Silva et al., 2010). O sorgo é caracterizado por ser altamente tolerante aos veranicos e às temperaturas elevadas, podendo substituir o milho na forma de rações concentradas, misturas proteinadas ou forragem armazenada em silos

(Albuquerque et al., 2009). Assim, esse cereal contribui significativamente para minimizar os problemas da estacionalidade da produção de forragem no país. Além disso, o sorgo apresenta diversas características que justificam sua utilização na alimentação animal, tais como: alta digestibilidade, alto valor energético, resistência ao déficit hídrico, acelerado crescimento e emissão de perfilhos, altas taxas fotossintéticas e rápida alongação do caule (Buso et al., 2011).

Segundo Purcino (2011), o sorgo se adapta a situações ambientais adversas de estresses abióticos, como altas temperaturas e baixa umidade do ar e do solo. Este comportamento de rusticidade às condições ambientais confere ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação em relação a outras espécies comerciais. Quando comparado com o milho, por exemplo, o sorgo produz mais sobre estresses hídricos. Todavia, a escolha de cultivares de sorgo apropriadas aos diferentes sistemas de produção constitui fator importante para a maximização da produção de massa verde, matéria seca e de grãos utilizados na alimentação animal. Por conseguinte, torna-se necessário a avaliação de cultivares de sorgo, bem como o estudo do manejo mais adequado, disponibilizando ao produtor rural informações técnicas, a fim de se obter maiores rendimentos da cultura (Santos & Grangeiro, 2013).

Pires et al. (2006) observaram que a qualidade da silagem e a produção de matéria seca de sorgo variam com a época de corte, sendo que crescem a partir do florescimento até um ponto ótimo, situado por volta dos 28 dias após o florescimento, a partir de quando estabilizam até a maturidade fisiológica. Por sua vez, Pinho & Vasconcelos (2002) constataram que, concomitante ao aumento da matéria seca, ocorre também uma redução da digestibilidade da silagem quando as plantas permanecem mais tempo no campo. Assim, o ponto ótimo para ensilagem estaria antes da maturidade fisiológica, quando os grãos apresentarem consistência pastosa a farinácea. É importante salientar, contudo, que os autores observaram diferenças significativas entre os genótipos de sorgo.

Outro fator que pode interferir no rendimento da cultura do sorgo é a densidade de plantio. Segundo Silva et al., (2001), o maior número de plantas por área pode favorecer a produção de grãos e de massa seca. Todavia, o mesmo autor destaca que o sorgo pode compensar, até certo ponto, a redução do estande com a emissão de perfilhos.

Dessa forma, a identificação de cultivares de sorgo favoráveis à produção de forragem, bem como a determinação da densidade de plantas e época de colheita adequadas para esse fim podem proporcionar maiores rendimentos e melhoria da qualidade. Assim, o

presente trabalho objetivou avaliar o desempenho forrageiro de genótipos de sorgo, sacarino e forrageiro de duplo-propósito, visando à produção de forragem em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na safra de primavera-verão 2012/2013 para a avaliação do desempenho forrageiro de genótipos de sorgo sacarino e de sorgo forrageiro em quatro densidades de plantas e quatro épocas de colheita das plantas, considerando a época de semeadura recomendada para a região de Sete Lagoas - MG. O experimento foi implantado em condições de campo em área experimental da EPAMIG, no município de Prudente de Morais, área limítrofe ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS, sob sistema convencional de cultivo.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, cujo clima, segundo Köppen (Ometto, 1981) é do tipo AW (tropical estacional de savana, inverno seco), temperatura média anual de 22,1°C e precipitação média anual de 1340 mm. Foram utilizados dois híbridos de sorgo, um sacarino (BRS 506) e um de duplo propósito para forragem e etanol (BRS 655), recomendados para as condições edafoclimáticas da região central de Minas Gerais.

O preparo do solo constituiu de uma aração seguida de duas gradagens. O experimento foi instalado em 30/11/2012, as sementes foram semeadas manualmente de modo que após o desbaste a população fosse equivalente à sugerida para cada tratamento, sendo o desbaste realizado 20 dias após a emergência.

A correção do solo e as adubações de plantio e cobertura foram realizadas considerando a análise química do solo que é apresentada na Tabela 1. Todos os tratamentos receberam 350 kg ha⁻¹ da fórmula 04-28-20 + 0,3% de Zn no momento do plantio. Realizou-se a adubação de cobertura 34 dias após a emergência com 90 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 1. Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental. Laboratório de fertilidade dos solos, Epamig, Nova Porteirinha, MG.

Prof (cm)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
cmolc dm ⁻³						
0-20	13	69	0,2	4,0	0,7	0,0	4,6
Prof	pH	MO	SB	t	T	V	M

(cm)c		molc dm ³	%.....		
	dag kg ⁻¹	molc dm ³	molc dm ³	molc dm ³%%%
0-20	5,5	2,4	5,0	5,0	9,7	52	0,0

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com herbicida à base de atrazina na dosagem de 3 l ha⁻¹ do produto comercial. Realizou-se uma pulverização para o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com o inseticida Decis, na dosagem de 200 ml ha⁻¹.

O experimento foi conduzido em condição de sequeiro, portanto, não foi realizada irrigação suplementar.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 3 repetições, e tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 cultivares (BRS 506 e BRS 655) x 4 densidades de plantas (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹) x 4 épocas de colheita (Pleno florescimento; 11, 22 e 33 dias após o pleno florescimento). Totalizando 96 parcelas experimentais para avaliação.

Na definição das cultivares a utilizar consideraram-se as características referentes à capacidade de produção e a qualidade do caldo produzido, o baixo perfilhamento e boa produção de massa. Quanto às densidades de plantas contemplaram-se valores abaixo e acima dos recomendados para o *Sorghum bicolor* L. Moench para a produção e qualidade de caldo e de forragem considerando as cultivares escolhidas.

As parcelas experimentais constituíram de quatro linhas de plantio de cinco metros de comprimento, espaçadas entre si a 0,70 m, sendo as duas linhas centrais consideradas área útil para efeito de coleta de dados e observações, desprezando-se 1,0 m nas extremidades.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de massa verde (MV), matéria seca de colmo (MS colmo), fibra em detergente neutro de colmo (FDN colmo), fibra em detergente ácido de colmo (FDA colmo) e hemicelulose de colmo.

A colheita do material vegetal de cada parcela experimental obedeceu à orientação dos tratamentos propostos. Para fim da época de colheita, considerou-se pleno florescimento quando as plantas se apresentavam com 50% da parcela liberando pólen. As datas das colheitas são apresentadas na Tabela 2. Pesaram-se todas as plantas da área útil da parcela em balança do tipo dinamômetro, os valores obtidos foram transformados em kg ha⁻¹ para a obtenção da massa verde da planta toda (colmo, folhas e panícula). Em seguida, retirou-se

uma amostra de oito colmos ao acaso, que em laboratório do CNPMS-EMBRAPA, foram moídas em uma ensiladeira estacionária e homogeneizadas em uma betoneira acoplada ao equipamento de moagem. Foram retiradas amostras de 500g de cada material triturado e enviadas para uma estufa com ventilação forçada de ar a 55° C onde se realizou uma pré-secagem até peso constante, e pesagem em balança analítica. O peso resultante, com base na massa verde obtida, foi transformado em t ha⁻¹, obtendo-se assim a massa seca de colmo. As amostras foram novamente enviadas à estufa e mantidas até peso constante a uma temperatura de 105°C. Posteriormente foram realizadas as análises bromatológicas de FDN de colmo, FDA de colmo e Hemicelulose de colmo, que foram determinadas pelo método proposto por Ankon (2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância individualmente, e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F (P<0,05), foram ajustados modelos de regressão com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância.

TABELA 2. Data das colheitas

Colheita	Data	
	BRS 506	BRS 655
1° - Florescimento	04/03/2013*	21/02/2013**
2° - 11 DAF	15/03/2013	04/03/2013
3° - 22 DAF	26/03/2013	15/03/2013
4° - 33 DAF	05/04/2013	26/03/2013

* O florescimento da cultivar BRS 506 se deu 88 dias após a emergência.

**O florescimento da cultivar BRS 655 se deu 77 dias após a emergência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância, para todas as características estudadas, está apresentado na Tabela 1. Conforme observado, as cultivares exibiram comportamento diferenciado ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis analisadas. A densidade de semeadura influenciou ($p \leq 0,05$) todas as variáveis, exceto a hemicelulose de colmo. Das características estudadas, apenas a MV não variou em relação à época de colheita das plantas. Na interação cultivar x época de colheita, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) para MS de colmo, FDN de colmo e FDA de colmo. Na interação densidade de semeadura x época de colheita ocorreu efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas para MS de colmo. Na interação tripla dos

fatores testados, apenas a FDN de colmo foi significativa. A precisão experimental, que tem como um dos parâmetros de avaliação o CV(%), pode ser considerada muito boa, variando de 3,37% a 13,81%.

TABELA 1. Resumo das análises de variância para massa verde (MV) em t ha⁻¹, matéria seca de colmo (MS) em t ha⁻¹, fibra em detergente neutro de colmo (FDN %), fibra em detergente ácido de colmo (FDA %) e hemicelulose de colmo (HEMI %). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

FV	-GL	QM				
		MV	MS Colmo	FDN Colmo	FDA Colmo	Hemi Colmo
C	1	2001,84*	231.913*	1586.976*	996.719*	68.648*
D	3	3790,04*	246.742*	19.925*	16.473*	0.216 ^{NS}
E	3	31,74 ^{NS}	38.208*	130.267*	87.291*	5.757*
C x D	3	5,21 ^{NS}	2.120 ^{NS}	4.304 ^{NS}	3.448 ^{NS}	0.377 ^{NS}
C x E	3	122,77 ^{NS}	39.805*	54.007*	37.198*	2.038 ^{NS}
D x E	9	136,44 ^{NS}	8.855*	6.266 ^{NS}	3.930 ^{NS}	1.326 ^{NS}
C x D x E	9	118,83 ^{NS}	5.694 ^{NS}	12.735*	5.999 ^{NS}	2.185 ^{NS}
Bloco	2	124,83 ^{NS}	11.237 ^{NS}	18.900 *	15.574 *	1.212 ^{NS}
Erro	62	73,76	4.250	5.941	3.538	1.652
CV (%)		12,71	13,81	3,37	4,20	4,67
Média		67,59	14,93	72,35	44,83	27,53

* significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} não significativo; GL: grau de liberdade.

O peso de massa verde aumentou linearmente com a elevação do número de plantas por área (FIGURA 1), sendo que independentemente da época de colheita e da densidade de plantas adotadas, a cultivar sacarina BRS 506 obteve maiores rendimentos de massa verde que a cultivar forrageira BRS 655, produzindo cada uma cerca de 72 t ha⁻¹ e 63 t ha⁻¹, respectivamente (FIGURA 2). Segundo Giacomini et al. (2013), em média, as cultivares forrageiras de sorgo comumente utilizadas na confecção de silagem para alimentação de ruminantes apresentam variação no rendimento de 60 t ha⁻¹ a 80 t ha⁻¹. Dessa forma, a produtividade média de massa verde obtida neste trabalho para as cultivares analisadas encontra-se dentro do intervalo de rendimento citado pelos autores. Contudo, para a cultivar BRS 506, alguns autores observaram rendimentos inferiores aos obtidos neste trabalho (Albuquerque et al., 2012 e Giacomini et al., 2013), que constataram variação de 39,42 ha⁻¹ a 64,29 ha⁻¹. O maior rendimento de massa verde obtido neste estudo em relação a outros trabalhos para a cultivar sacarina pode estar relacionado a fatores ambientais e ao manejo adotado.

A superioridade de produtividade de massa verde da cultivar BRS 506 em relação à BRS 655 também foi observada por Santos et al. (2013) ao avaliarem essa característica em cultivares de sorgo no Semiárido brasileiro. Essa diferença encontrada entre os materiais avaliados está associada à genética das cultivares.

A relação entre peso médio de massa verde e a densidade de plantas apresentou comportamento semelhante aos dos estudos realizados por Pereira et al. (2013), em que houve um aumento de massa verde de sorgo com o aumento da densidade de plantas (FIGURA 1). Por outro lado, May et al. (2012) observaram que no espaçamento de 0,7 m, como o utilizado neste trabalho, a densidade de plantas não influenciou no rendimento de massa verde de cultivares de sorgo sacarino (BRS 505 e CMSXS 647).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 1. Produção média de massa verde ($t\ ha^{-1}$) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha^{-1}). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 2. Produção média de massa verde ($t\ ha^{-1}$) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha^{-1}). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Em relação à produtividade de matéria seca de colmo, até a 2ª época de colheita não se observaram diferenças estatísticas entre as cultivares. A partir da 3ª época de colheita (22 dias após florescimento) a produtividade de matéria seca de colmo da cultivar BRS 506 foi superior à BRS 655. A cultivar BRS 506 obteve aumento linear de matéria seca de colmo à medida em que aumentou a permanência das plantas no campo, com acúmulo estimado de $0,16\ t\ ha^{-1}$ por cada dia de atraso na colheita após o florescimento. Já o sorgo forrageiro não variou o teor de matéria seca de colmo em função da época de colheita (FIGURA 3). Provavelmente isso ocorreu por não contemplarmos a contribuição das folhas e da panícula, importantes na composição de cultivares forrageiras, na matéria seca de colmos; já para a

cultivar BRS 506, que a contribuição maior é do colmo (local de grande acúmulo de caldo e açúcares após o florescimento), pôde-se observar ganhos.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 3. Produção média de matéria seca de colmo (55°C) (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Assim como para matéria verde, houve um aumento linear da matéria seca de colmo em função do aumento da densidade de plantas, independente da época de colheita das plantas. Para todas as densidades adotadas, considerando o intervalo estudado, a produção de matéria seca de colmo foi sempre maior na 4^a época de colheita (33 dias após o florescimento). De maneira geral, o corte das plantas no florescimento proporcionou menores valores de matéria seca de colmo que atingiram valores máximos na parte final do ciclo (FIGURA 4).

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 4. Produção média de matéria seca de colmo (55°C) (t ha⁻¹) obtida de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Ao avaliar a aptidão forrageira de cultivares de sorgo, é importante destacar que os principais componentes de produção de volumosos são a massa verde e a matéria seca. Nesse sentido, considerando essas características, a cultivar sacarina na combinação de 160 mil plantas ha⁻¹ e colheita aos 33 dias após florescimento foi a mais satisfatória para a produção de massa. Contudo, em si tratando de qualidade forrageira, devem-se considerar outras variáveis para a definição da melhor combinação densidade x época de colheita, como FDN, FDA, entre outras.

Quanto à FDN de colmo, a cultivar BRS 506, independente da época de colheita, proporcionou valores inferiores à cultivar BRS 655. Ambas as cultivares não variaram a FDN

de colmo até a 3^o época de colheita (22 dias após florescimento); contudo, a cultivar BRS 506 obteve valores de FDN de colmo significativamente inferiores na colheita aos 33 dias após o florescimento (FIGURA 5). Gomes et al. (2006), trabalhando com 11 híbridos de sorgo forrageiro, encontraram teor médio de FDN de colmo (57,35%) inferiores aos obtidos neste trabalho, o qual apresentou valores médios de 76,42% para a cultivar BRS 655 e 68,29% para a cultivar BRS 506. A menor proporção de FDN de colmo da cultivar BRS 506 em relação a cultivar BRS 655, provavelmente, deve-se ao maior acúmulo de açúcares, especialmente de sacarose, no colmo da cultivar sacarina. McBee & Miller (1993) observaram que no sorgo existe uma diluição do efeito dos componentes fibrosos à medida que a planta avança em sua maturidade, devido ao acúmulo de carboidratos solúveis no caule. Assim, infere-se que o maior teor de sacarose no colmo das plantas, notadamente nas cultivares sacarinas, acarreta a redução da porcentagem dos componentes estruturais (fibras), como FDN e FDA.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 5. Teor médio de Fibra em detergente neutro de colmo (FDN%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Para a cultivar BRS 506, de maneira geral, em todas as densidades estudadas, a FDN de colmo reduziu quando se aproximou da parte final do ciclo da planta. Essa redução, se consideramos todas as densidades adotadas e as equações estimadas, se evidencia aproximadamente a partir de 15 DAF. A cultivar BRS 655 não obteve curvas significativas para a interação tripla dos fatores testados (FIGURA 6).

FIGURA 6. Teor médio de fibra em detergente neutro de colmo (FDN%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11,

22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

O comportamento de ambas as cultivares em função da época de colheita foi muito semelhante tanto para FDN como para FDA (FIGURA 5 e 7). Assim como para FDN, a FDA de colmo da cultivar BRS 506 foi sempre inferior à BRS 655, sendo que também em ambas as cultivares os menores valores foram obtidos na parte final do ciclo; nesse momento, observou-se redução significativa de FDA de colmo na cultivar sacarina (FIGURA 7).

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 7. Teor médio de fibra em detergente ácido de colmo (FDA%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

A FDA de colmo apresentou uma tendência linear e decrescente em função do aumento da densidade de plantas, considerando os materiais avaliados e as épocas de colheita adotadas, ocorrendo um decréscimo de 17,6% a cada 1000 plantas por área (FIGURA 8). Contudo, observa-se que a partir de 100 mil plantas ha⁻¹ não há variação significativa, permitindo sugerir que com essa densidade já se atingiria valores aceitáveis de FDA.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 8. Teor médio de fibra em detergente ácido de colmo (FDA%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

Os teores de FDN e FDA são parâmetros importantes na qualidade da forragem. Segundo Silva et al. (2010), os bovinos necessitam desses componentes em suas dietas para manter o bom funcionamento do rúmen. Contudo, os mesmos autores ressaltam que o excesso

de fibra limita o consumo voluntário de matéria seca pelos animais. Dessa forma, em forragens com alto conteúdo energético e com alto potencial de consumo pelo animal, esperam-se baixas concentrações de FDN e FDA na matéria seca. Assim, os teores de FDN de colmo e FDA de colmo aqui reportados caracterizam o genótipo BRS 506 como o de melhor qualidade nutricional que o BRS 655.

Os teores de hemicelulose de colmo da cultivar BRS 506, independente da época de colheita e da densidade de semeadura adotadas, são sempre inferiores aos da cultivar BRS 655 (FIGURA 9).

Similarmente ao observado para FDN e FDA de colmo, constataram-se menores valores de hemicelulose de colmo no final do ciclo da planta (FIGURA 10).

Os valores médios de hemicelulose de colmo encontrados neste trabalho (FIGURA 9) são superiores aos encontrados por Gomes et al. (2006), os quais observaram valor médio de 22,64% em 11 cultivares de sorgo. Conforme Silva & Queiroz (2002) relataram, a celulose representa a maior parte da FDA, e a hemicelulose, mais digerível que a celulose, integra a FDN. Assim, torna-se mais interessante, maiores teores de hemicelulose e menores de celulose, visto que a hemicelulose representa reserva de carboidratos e uma fonte potencial de energia para a microbiota do rúmen (Gomes et al., 2006).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 9. Teor médio de hemicelulose de colmo (%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FIGURA 10. Teor de hemicelulose de colmo (%) obtido de duas cultivares de sorgo (BRS 506 e BRS 655) submetidas a diferentes épocas de colheita (0, 11, 22 e 33 dias após florescimento) e densidades de semeadura (70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹). UFSJ, Sete Lagoas – MG, 2014.

CONCLUSÕES

A FDN e a FDA dos colmos de plantas de sorgo tiveram comportamento semelhantes, decrescendo com o atraso na época de colheita, e também com o aumento da densidade de semeadura.

A cultivar BRS 506 proporcionou menores valores de FDN e de FDA que a BRS 655 forrageira, indicando aquela cultivar como a de melhor qualidade para esses parâmetros.

A produção de matéria seca e matéria verde de cultivares de sorgo aumentaram linearmente com o aumento da densidade de semeadura e também, de maneira geral, com o atraso na colheita das plantas.

A cultivar sacarina BRS 506 tem excelente potencial forrageiro, superior ao da cultivar BRS 655.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BRANT, R. S. da; MENDES, M. C.; REZENDE, P. M. de. Composição da matéria seca do sorgo forrageiro em diferentes arranjos de plantas no Semi-Árido de Minas Gerais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, n.2, p. 105-118, 2009.

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

BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) par Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GIACOMINI, I.; PEDROZA, M. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B.; SALLA, L. Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n.3, 2013.

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. B.; NEIVA, J. N. M.; CANDIDO, M. J. D. Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

MCBEE, G. G.; MILLER, F. R. Stem carbohydrate and lignin concentrations in sorghum hybrids at seven growth stages. **Crop Science**, v. 33, p. 530-534, 1993.

OMETTO, J. C. Classificação Climática. In: OMETTO, J. C. Bioclimatologia tropical. São Paulo: Ceres, 1981, p.390-398.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 118-127, 2013.

PINHO, R. G. V., VASCONCELOS, R. C. Cultura do Sorgo. Lavras: UFLA, 2002, 76p.

PIRES, D. A. de A.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, R. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYNE, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de Sorgo (*sorghum bicolor* l.) Colhidos em diferentes estádios de Maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**. [Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia]. Brasília, Ano II, ed 3, p. 6, ago, 2011.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; RODRIGUES, J. A. S.; COSTA, C. T. F.; OLIVEIRA, G. F. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences Maringá, v. 35, n. 1, p. 13-19, Jan.-Mar., 2013.

SILVA, P. C. S. **Reduções iniciais de populações em três híbridos de milho e sua relação com o rendimento**. Santa Maria, 2001. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, RS.

SILVA, J. J. da; CARVALHO, D. M. G. de; GOMES, R. A. B.; RODRIGUES, A. B. C. Produção de leite de animais criados em pastos no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, SP, v.17, n. 1, p. 26-36, março, 2010.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

3. CONDISERAÇÕES FINAIS

O sorgo é uma planta extremamente versátil e abrange diversos segmentos do mercado agrícola. O correto manejo da lavoura e a escolha de cultivares adequadas a cada finalidade são fundamentais para se obter rendimentos satisfatórios. Dessa forma, são necessários estudos que proporcionem conhecimento a respeito da condução da lavoura e de diferentes sistemas de plantio (rotação, sucessão, integração). O presente trabalho permitiu verificar o efeito da densidade de plantas e da época de colheita de cultivares de sorgo sobre variáveis de rendimento e de qualidade na produção de etanol e de forragem. Contudo, a última época de coleta apresentada neste trabalho, pela característica linear de muitas das curvas apresentadas, deixam a curiosidade a respeito do comportamento da planta em épocas mais tardias. Sugere-se, também, condução de novas pesquisas que contemplem épocas de plantio diferentes da adotada aqui, bem como que atendam a possibilidade do fornecimento de matéria prima na entressafra da cana-de-açúcar. Hoje já temos maior gama de cultivares de empresas públicas e privadas que poderiam também ser consideradas nos trabalhos, assim como locais e ambientes de expansão dessa atividade em Minas Gerais e em todo o Brasil.

4. REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, R.V.de; OLIVEIRA, A.C. Maturação fisiológica do colmo e da semente de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 19-31, 1988.

BORGES, I. D. Marcha de Absorção de Nutrientes e Acúmulo de Matéria Seca em Milho. 2006, 168p, Tese (Fitotecnia) - UFLA, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2011/2012: terceiro levantamento: dezembro/2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_18_14_25_16_sorgooutubro2014.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2014.

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

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 118-127, 2013.

PINHO, R. G. V., VASCONCELOS, R. C. Cultura do Sorgo. Lavras: UFLA, 2002, 76p.

PIRES, D. A. de A.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, R. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYNE, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de Sorgo (*sorghum bicolor* l.) Colhidos em diferentes estádios de Maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**. [Sorgo sacarino: Tecnologia Agrônômica e Industrial para Alimentos e Energia]. Brasília, Ano II, ed 3, p. 6, ago, 2011.

RIBAS, P. M. **Cultivo do Sorgo**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Versão eletrônica), 3ª ed, set. 2007. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/importancia.htm Acesso em: ago. 2014.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho produtivo de cultivares de sorgo forrageiro e granífero na Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.2, p.49-55, 2013.

SILVA, P. C. S. **Reduções iniciais de populações em três híbridos de milho e sua relação com o rendimento**. Santa Maria, 2001. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, RS.

WEBSTER, J.E.; BENEFIELD, D.; DAVIES, F. Yield and composition of sorghum juice in relation to time of harvest in Oklahoma. **Agronomy Journal**, v.46, p.157-160, 1984.