



IVAN VILELA ANDRADE FIORINI

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO
EM FUNÇÃO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS,
ÉPOCAS DE SEMEADURA E DE CORTE**

LAVRAS - MG

2014

IVAN VILELA ANDRADE FIORINI

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO EM FUNÇÃO DE
POPULAÇÕES DE PLANTAS, ÉPOCAS DE SEMEADURA E DE
CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Renzo Garcia Von Pinho

Co-Orientador

Dr. Iran Dias Borges

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Fiorini, Ivan Vilela Andrade.

Desempenho de cultivares de sorgo em função de populações de plantas, épocas de semeadura e de corte das plantas / Ivan Vilela Andrade Fiorini. – Lavras : UFLA, 2014.

75 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Bibliografia.

1. Sorgo - cultivo. 2. Plantas forrageiras. 3. Biocombustíveis. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.1748

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO EM FUNÇÃO DE
POPULAÇÕES DE PLANTAS, ÉPOCAS DE SEMEADURA E DE
CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 15 de maio de 2014.

Dr. Iran Dias Borges	UFSJ
Dr. José Airton Rodriguez Nunes	UFLA
Dr. Adriano Teodoro Bruzi	UFLA
Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho	UFLA

Dr. Renzo Garcia Von Pinho
Orientador

LAVRAS – MG

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo de bom e por abençoar todo este trabalho;

Aos meus pais, Márcio e Nilma, meus irmãos Cibelle e Fabrício;

Aos meus sobrinhos Henrique e Carolina e a todos os amigos e familiares, pelo apoio e incentivo;

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do doutorado;

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos no mestrado e doutorado;

À FAPEMIG e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia UFLA, pelo financiamento de parte desta pesquisa;

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho e Prof. Dr. Iran Dias Borges, pelos ensinamentos, apoio e pela amizade desde os tempos de graduação;

Aos numerosos amigos do grupo do milho, pela amizade, apoio, ajuda e dedicação nos trabalhos conduzidos e professores do doutorado (Bruzzi, Zé Airton, Chacrinha, Samuel, Renato e Wasley), pela convivência e amizade durante todo o período de doutorado;

Aos funcionários do DAG, Agnaldo, Alessandro, Julinho, Manguinha, Marli (secretária da Pós) e a Tina (laboratorista do DCA), pela amizade, incentivo durante o curso, ajuda nos experimentos e nas análises de Laboratório;

Ao colega e amigo da Pós-Graduação Jhonatan Pedroso, que ajudou-me nas análises estatísticas e a todos os amigos que colaboraram para a conclusão do curso e que, embora não tenham sido citados, merecem todos os agradecimentos.

RESUMO

Objetivou-se avaliar as cultivares de sorgo forrageiro e sacarino quanto às características agronômicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em função de populações e épocas de cortes das plantas. O experimento foi instalado em novembro de 2012, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico Científico em Agricultura (CDTCA/UFLA), em Lavras–MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial 2x4x4 (2 cultivares: forrageira BRS 610 e sacarina BRS 506; 4 populações: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹; 4 épocas de corte: florescimento (0 dias após o florescimento (DAF), 10, 20 e 40 DAF). Foram avaliadas as características agronômicas: matéria verde, matéria seca e altura de plantas. A partir do caldo sacarino, foram avaliadas as características industriais: volume de caldo (VC), sólidos solúveis totais (°brix), açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH). As características agronômicas não são influenciadas pelas populações e épocas de corte. As características industriais são influenciadas pelas épocas de corte. O aumento das populações propicia o maior VC. A época de corte aos 40 DAF propicia os maiores °brix e ART. As TBH e os VC foram de maiores valores aos 20 DAF. O objetivo do segundo trabalho foi o de avaliar as cultivares de sorgo forrageiro e sacarino quanto às características agronômicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em função de épocas de semeadura. Para isso foram instalados 5 experimentos em intervalos de 21 dias, no CDTCA/UFLA, em Lavras–MG. Procedeu-se à análise conjunta dos experimentos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 repetições, em esquema fatorial 2x2 (2 cultivares: forrageira BRS 610 e sacarina BRS 506 em 2 populações: 100 e 130 mil plantas ha⁻¹). Foram avaliadas as características agronômicas: matéria verde, matéria seca e altura de plantas. Para a análise do caldo sacarino foi considerada a cultivar BRS 506 em esquema de parcelas subdivididas em 2 épocas de corte (20 e 40 DAF), sendo avaliado as características indústrias: volume de caldo, sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas de brix por hectare. As características agronômicas são influenciadas pelas cultivares, populações de plantas e épocas de semeadura. A maioria das características industriais é influenciada pelas populações, épocas de corte e épocas de semeadura.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Brix. Produção de forragem. Sorgo forrageiro. Sorgo sacarino.

ABSTRACT

Work is primarily aimed to evaluate sorghum and saccharine culture as agronomic and industrial characteristics are related to fodder profit and production of ethanol related to plant population functions and harvesting periods. The experiment was carried out in November 2012, in the Center of Technological Development in Agriculture Science UFLA(CDTCA/UFLA), in Lavras – MG. Experimental delineation was designed in certain blocks and was repeated 3 times. The scheme was 2x4x4 (2 cultures: fodder BRS 610 and saccharine BRS 506; 4 populations: 70, 100, 130 and 160 thousands plants per hectare; 4 periods of cutting according to flowering: 0 days after flowering (DAF), 10 DAF, 20 DAF and physiological maturity 40 DAF). There were evaluated several agronomical characteristics such as: green matter (GM), dry matter (DM) and the height of plants (HP). Industrial characteristics such as juice volume (JV), total soluble solid (⁰brix), total reducing sugars (TRS) and tones of brix per hectare (TBH) were evaluated after the analysis of saccharine juice made of BRS 506. The agronomic characteristics are not influenced by the population nor the period of cutting. The industrial characteristics are influenced by the period of cutting. Increase of population provides bigger JV. The cutting period of 40 DAF provides the biggest ⁰brix, TRS. TBH and JV reached the highest value at 20 DAF and during this period the biggest production of ethanol was obtained. The objective of the second study was to evaluate behavior of fodder and saccharine sorghum culture as well as agronomical and industrial characteristics related to fodder profit and the production of ethanol during the period of sowing in Lavras-MG region. In order to obtain all above mentioned values there were done five experiments in interval of 21 days, in the CDTCA/UFLA, Lavras-MG. The analysis preceded experimental delineation of blocks that was repeated 5 times according to following schema 2x2 (2 cultures: fodder BRS 610 and saccharine BRS 506 in two populations: 100 and 130 thousands plants per hectares). Agronomical characteristics such as green matter (GM), dry matter (DM) and the height of plant (HP) were evaluated. In order to analyze sweetness of juice the culture BRS 506 was used. This kind of analysis was done during two different periods of cutting (20 DAF and 40 DAF – physiological maturity), other industrial characteristics were evaluated as well: juice volume (JV), total soluble solid (⁰brix) and tons of brix per hectare (TBH). Agronomical characteristics were influenced by different cultures, population of plants and period of sowing. Majority of industrial characteristics were influenced by population, period of cutting as well as period of sowing.

Key words: Biofuel. Brix. Production of forage. Fodder. Sorghum saccharin.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1.....	8
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	Histórico, origem e dispersão de espécies do gênero <i>Sorghum</i>	10
2.2	A importância do sorgo	12
2.3	Crescimento e desenvolvimento da planta de sorgo	15
2.4	Contextos atuais do etanol no Brasil... Erro! Indicador não definido.	
2.5	Rendimentos forrageiro e industrial da cultura do sorgo	Erro!
	Indicador não definido.	
	REFERÊNCIAS	18
	CAPÍTULO 2 Características agronômicas e industriais de cultivares de sorgo em função de populações de plantas e épocas de corte das plantas	Erro! Indicador não definido.
1	INTRODUÇÃO.....	23
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1	Instalação e condução do experimento Erro! Indicador não definido.	
2.2	Análise de solo e adubação	Erro! Indicador não definido.
2.3	Características avaliadas.....	Erro! Indicador não definido.
2.4	Detalhes experimentais e análise estatística Erro! Indicador não definido.	
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
3	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	38
	CAPÍTULO 3 Características agronômicas e industriais de cultivares de sorgo em função de populações de plantas, épocas de semeadura e de corte das plantas	Erro! Indicador não definido.
1	INTRODUÇÃO.....	23
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1	Instalação e condução dos experimentos Erro! Indicador não definido.	
2.2	Análise de solo e adubação	Erro! Indicador não definido.
2.3	Características avaliadas.....	Erro! Indicador não definido.
2.4	Detalhes experimentais e análises estatísticas Erro! Indicador não definido.	
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICES.....	71

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A grande preocupação na atualidade com a escassez e preço do petróleo, as constantes mudanças climáticas, frequentes crises energéticas e como o meio ambiente tem levado à busca por alternativas de fontes de energia limpa e renovável no país e no mundo; dentre essas alternativas estão os biocombustíveis, como o etanol, que pode ser obtido a partir de culturas energéticas como o sorgo, o milho e a cana-de-açúcar, respectivamente.

Minas Gerais apresenta o bioma cerrado representativo de grande parte das regiões produtoras do estado. Contém relevante participação na produção pecuária, como de etanol, açúcar e aguardente. Os produtores rurais mineiros têm tradição na condução de lavouras de produção de forragem a partir do sorgo, bem como na produção de cana-de-açúcar. Contudo, pouco se conhece do manejo e da resposta de cultivares de sorgo quando da utilização com finalidade industrial, sendo então relevante entender o comportamento tanto dos sorgos sacarinos para a indústria como dos forrageiros para a produção de forragem.

Conhecer o comportamento e desempenho do sorgo sacarino e do sorgo forrageiro em diferentes populações e diferentes épocas de corte das plantas subsidiará a tomada de decisão quanto ao adequado manejo visando o uso para forragem ou a produção de etanol. Conhecendo-se o melhor período de plantio do sorgo, auxiliará os produtores na obtenção de rendimentos satisfatórios.

Essas informações poderiam proporcionar uma maior eficiência de produção e no manejo da cultura, no uso de insumos e no planejamento do plantio, otimizando o uso dos recursos de produção da propriedade, e

incrementando a renda. Portanto, daria segurança ao produtor para a obtenção de bons resultados seja na opção de produzir sorgo com finalidade forrageira (silagem) ou com a finalidade industrial (etanol, açúcar e aguardente).

O desempenho forrageiro e industrial de cultivares de sorgo pode variar em função das populações de plantas, das épocas de corte e das épocas de semeadura. Contudo, existe a escassez de informações atuais quanto ao desempenho de cultivares e o manejo da lavoura de sorgo com objetivo de produzir etanol, inclusive comparativamente ao sorgo forrageiro, em condições tropicais. Desse modo é de suma importância determinar as melhores populações de plantas e a época de corte ideal de cultivares sacarinas e de sorgo forrageiro que proporcionam satisfatório rendimento industrial e rendimento forrageiro.

O objetivo com este trabalho foi o de avaliar qualitativamente e quantitativamente o comportamento de cultivares de sorgo sacarino de duplo propósito (silagem e etanol) e de sorgo forrageiro para a produção de forragem de planta inteira, em populações de plantas, épocas de corte das plantas e épocas de semeadura. Objetivou-se também avaliar a composição do caldo sacarino obtido do colmo e o rendimento da forragem de planta inteira obtidas com cultivares de sorgo sacarino e forrageiro em diferentes populações de plantas e épocas de corte das plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico, origem e dispersão de espécies do gênero *Sorghum*

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] originou-se no quadrante noroeste da África, abaixo do deserto do Sahara, provavelmente nas regiões da Etiópia e Sudão, onde se encontra atualmente, a maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas. Nessas regiões onde se encontra o gênero ancestral, com número básico de cinco cromossomas, foi provavelmente “domesticado” a cerca de 5000 a 6000 mil anos, por meio da seleção de espécies silvestres. Posteriormente foi distribuído em uma série de ondas, dentro de um arco na África a Austrália e levado ao mundo novo (SANTOS; CASELA; WAQUIL, 2005).

A especiação ocorreu por meio de isolamento, poliploidia e outras maneiras. Os sorgos cultivados na África Central e do Sul, se assemelham mais aos tipos da África Oriental. Os tipos selvagens encontrados na África Central e Oriental não são recomendados para a agricultura atual, mas sim como base para criação de novos germoplasmas. Os primeiros sorgos apresentavam várias características indesejáveis para o cultivo granífero. Eram altos, suscetíveis ao vento e difíceis de colher, e ainda com maturação tardia (VANDERLIP, 1979).

A produção de sorgo teria se estendido para o sul da África, Índia, sul da Ásia, chegando até a China e a Tailândia. Provavelmente o sorgo foi levado à Índia aproximadamente no ano 1500 AC, via navios a vela ao longo da rota oceânica do mar da Arábia do Sul e partindo da Índia, o sorgo alcançou a China pela “rota da seda no século III DC. Entretanto, antes disso o sorgo já havia sido observado na Coreia e nas províncias chinesas adjacentes, introduzidas possivelmente pelas chamadas “rotas da seda” que seguiam da Ásia Menor em direção ao Extremo Oriente. No ano de 700 AC o cereal havia se movido da

Índia para os países mediterrâneos, notadamente na Itália via Arábia. Ocorrem também indícios que mostram que pode ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia (RODRIGUES et al., 2006).

Nos países do ocidente, onde a cultura do sorgo foi introduzida em meados do século XIX, utilizaram-no, quase que exclusivamente, como substituto do milho na ração animal. Nas Américas, sua disseminação é bem mais recente, as primeiras introduções ocorreram no Caribe, trazidos por escravos africanos e desta região atingiu os Estados Unidos por volta da metade do século XIX. Nos Estados Unidos da América, a introdução do sorgo se deu por meio de sementes trazidas nos navios negreiros por ocasião do tráfico de escravos. Por meio do melhoramento com as cultivares antigas, que se chegou aos diferentes tipos de sorgo hoje cultivados, visando atender às novas modalidades de utilização e métodos culturais (PINHO; VASCONCELOS, 2002).

No Brasil, a sua introdução se atribui aos escravos, onde a cultura ficou conhecida como “milho d’Angola”. A reintrodução desta cultura é relativamente recente e ocorreu primeiro no estado do Rio Grande do Sul, nas estações experimentais da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Devido a sua resistência ao estresse hídrico, foi introduzido no Nordeste. Entretanto, o sorgo é mais resistente que o milho ao estresse hídrico, mas não tão resistente à seca como se propagava e requeria o uso de práticas agronômicas adequadas para atingir maiores produtividades. O sorgo apresenta adaptado ao clima semiárido devido: ao sistema radicular, dormência, enrolamento das folhas, baixa transpiração e cobertura cerosa das folhas. No cerrado brasileiro a cultura teve grande expansão com o advento da safrinha (DUARTE, 2003).

2.2 A importância do sorgo

O sorgo é considerado o quinto cereal mais importante do mundo, superado apenas pelo arroz, trigo, milho e cevada. É cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. Mesmo em nível mundial o sorgo é uma cultura marginal, sendo importante o seu cultivo e consumo em nações em processo de desenvolvimento, e que apresentem problemas de déficit hídrico durante o ano, principalmente África e Ásia, sendo a base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países. Nesses países, o cereal chega a suprir 70% da ingestão calórica diária tendo, dessa forma, papel fundamental na segurança alimentar (MUTISSYA, 2009).

No Brasil, seu cultivo está se popularizando e já somos um dos 10 maiores produtores mundiais. Entretanto, a produtividade de sorgo no Brasil ainda é baixa, comparando com as produtividades de países como os EUA e Argentina. Os diferentes tipos de sorgo como granífero, forrageiro, vassoura, corte e pastejo e o sacarino, são excelentes alternativas de rotação de culturas e diversificação agrícola com resultados econômicos e sociais para a região, otimizando o uso da mão-de-obra, de máquinas e de equipamentos na propriedade rural, inclusive onde a cultura da cana-de-açúcar é praticada.

Nesse contexto, a cultura do sorgo merece destaque por ser uma planta de ciclo relativamente curto, manejo cultural com tecnologias dominadas pela maioria dos produtores e atualmente contempladas em pesquisas na área agrícola de pós-colheita, além de se adaptar a condições edafoclimáticas nem sempre ideais ao cultivo de culturas como soja, milho e algodão, características essas comuns a muitas regiões do estado de Minas Gerais (RIBAS, 2008).

Como matérias-primas para o bioetanol podem considerar a biomassa dos seguintes tipos: amiláceo, açucarado e celulósico. Como exemplo de biomassa do tipo amiláceo tem os grãos dos cereais e a batata. Quanto às matérias-primas do tipo açucarado, as mais utilizadas são a cana sacarina, o sorgo sacarino e a beterraba sacarina. Como biomassa do tipo celulósico, tem-se a madeira e os resíduos das culturas, que são alternativas tecnologicamente mais complicadas e viabilidade ainda questionável, pelo menos em curto prazo.

A cultura do sorgo, além de excelente alternativa como cereal e cultura forrageira a produtores e pecuaristas, seria opção de fonte de matéria-prima complementar a ser fornecida na entressafra a destilarias para a produção de etanol da cana-de-açúcar ou mesmo de outros produtos como aguardente (RIBEIRO FILHO et al., 2008) e açúcar. Além disso, seus colmos podem ser processados nas mesmas instalações usadas para produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, proporcionando também resíduo fibroso (bagaço) que pode ser usado como fonte de energia para gerar vapor nas caldeiras.

Como alternativa para antecipar o início e conseqüentemente prolongar a safra da cana-de-açúcar, as destilarias colhem precocemente os canaviais comprometendo a produção e a qualidade. O sorgo sacarino pode ser colhido na entressafra da cana-de-açúcar, dezembro a abril, reduzindo o período de ociosidade da indústria e favorecendo o corte da cana-de-açúcar após maturação completa. A rapidez do ciclo (cerca de 120 dias), facilidades de mecanização, alto teor de açúcares diretamente fermentáveis presentes no colmo e a possibilidade de antecipação da colheita em quatro meses com relação à cana-de-açúcar são vantagens do uso do sorgo sacarino (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 2004).

Há também os grãos de sorgo e os resíduos e subprodutos da destilaria com outros usos como na alimentação animal na propriedade rural. Os grãos

produzidos adicionalmente pelo o sorgo sacarino podem ser utilizados na alimentação humana, além de elevada saturação lumínica e maior tolerância ao déficit hídrico e à salinidade, que caracterizam essa planta como tolerante a condições edofoclimáticas menos favoráveis, como as especificidades do bioma caatinga (TEIXEIRA; JARDINE; BEISMAN, 1997).

Ribeiro Filho et al. (2008) também afirmam ser o sorgo sacarino alternativa viável na substituição da cana-de-açúcar nos períodos de entressafra em microdestilarias e ainda auxiliar em demais períodos do ano, inclusive no Norte e Nordeste do Brasil, por ser o sorgo oriundo de regiões Áridas e Semiáridas.

O sorgo é cultivado principalmente em zonas Áridas e Semiáridas, sendo um alimento básico, visto que apresenta elevado potencial de produção, reconhecida qualificação como fonte de energia para alimentação animal, grande versatilidade (silagem, feno e pastejo direto) e potencial de adaptação a regiões mais secas, (NEUMANN et al., 2002), além de boa produtividade de grãos e altos teores de açúcares no caldo do colmo.

O sorgo responde positivamente ao uso de tecnologia não sendo necessariamente uma planta rústica, mas certamente tolerante. Assim, os baixos rendimentos registrados para a cultura em regiões produtoras no Brasil se devem ao pouco conhecimento das respostas fisiológicas das cultivares aos fatores ambientais e de manejo, bem com a má distribuição de chuvas em algumas regiões, baixo consumo de fertilizantes e corretivos (PINHO; VASCONCELOS, 2002).

2.3 Crescimento e desenvolvimento da planta de sorgo

É de suma importância conhecer os estádios fenológicos do sorgo, desde o crescimento, desenvolvimento até a maturidade fisiológica, afim de se conhecer as respostas fisiológicas ao meio a qual a cultura é implantada, subsidiando e contribuindo para a tomada de decisões pelos produtores, visando assim maximizar a produção da cultura por área, tanto quanto se objetiva no sorgo o rendimento forrageiro, quanto o rendimento industrial (sacarino). Basicamente, o ciclo do sorgo pode ser dividido em três fases: a vegetativa, a reprodutiva e o período de maturação do grão (VANDERLIP, 1979). A fase vegetativa, etapa de crescimento 1 (EC 1) caracteriza-se pela germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A segunda fase (EC 2), começa quando o meristema apical se diferencia em um meristema floral, continua com o desenvolvimento da inflorescência, iniciação da panícula, incrementos exponenciais em área foliar, extensão radicular, acúmulo de matéria seca e vai até a antese. Durante essa fase há uma elongação rápida dos entrenós do colmo e grande expansão das folhas. A terceira fase (EC 3) se caracteriza pela polinização; fertilização; desenvolvimento; maturação dos grãos e senescência das folhas.

2.4 Contextos atuais do etanol no Brasil

No Brasil, a produção de etanol constitui um mercado em ascensão e para manter esse perfil, justifica-se o estudo e domínio da tecnologia que inclua novas matrizes energéticas com eficiente produção e rendimento de etanol. O Brasil é o maior exportador neste mercado. A demanda por etanol no mercado nacional e internacional tem sido crescente nos últimos anos. Até meados de 2002 as exportações brasileiras de álcool eram insignificantes, mas com o

crescimento da demanda por esse biocombustível no mercado internacional, o volume exportado cresceu de 565 milhões de litros em 2003, para 2,1 bilhões de litros no período de janeiro a novembro de 2005 (BRASIL, 2005).

O Governo Brasileiro criou o Programa Nacional do Álcool ou Proálcool em 14 de novembro de 1975 foi um programa bem-sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo desenvolvido para evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo. Desde o lançamento do Proálcool, a produção de álcool no país aumentou de 700 milhões de litros em 1975 para 15 bilhões de litros na safra de 2004/05. Durante esse período, os veículos movidos a álcool chegaram a atingir 85% das vendas totais no país, como no ano de 1985. Porém, devido à crise de abastecimento ocorrida em 1989, esse percentual reduziu-se em curto espaço de tempo para cerca de 2% e manteve-se nesse patamar até o início de 2003.

Dentre as culturas com potencial bioenergético a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) destaca-se no cenário nacional, com área plantada de aproximadamente 8,4 milhões de hectares com produção estimada em 22.857,6 bilhões de litros de etanol (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB, 2012). Em virtude da elevada demanda atual por etanol, o cultivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) surge como importante alternativa para a geração de biomassa para a produção de etanol, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar.

O sorgo sacarino se assemelha à cana-de-açúcar no armazenamento de açúcares nos colmos, os quais possibilitam a produção de etanol, e no fornecimento de quantidade de bagaço suficiente para geração de vapor para a operação industrial. Entretanto, ele difere de maneira acentuada da cana-de-açúcar no cultivo a partir de sementes e no ciclo vegetativo bem mais curto, de 120 a 130 dias. Portanto, o sorgo sacarino apresenta-se como uma interessante opção complementar à cana-de-açúcar para compor a matriz energética nacional.

Possibilitando a expansão da área passível de utilização para produção de bioenergia e aumentando a eficiência da produção de etanol.

2.5 Rendimentos forrageiro e industrial da cultura do sorgo

Segundo Pires et al. (2006) a qualidade da silagem e a produção de matéria seca de genótipos 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. Contudo, os autores observaram diferenças significativas entre os genótipos. Os grãos de sorgo entram após o florescimento em processo de maturação que se encerra na maturidade fisiológica e, concomitantemente, a participação dos grãos na matéria seca total aumenta (PINHO; VASCONCELOS, 2002); entretanto, o endurecimento dos grãos promove a redução na digestibilidade da silagem de planta inteira por ser acompanhado pela secagem das folhas. Assim, o ponto ótimo para ensilagem estaria antes da maturidade quando os grãos estiverem com consistência pastosa a farinácea.

As populações de plantas de sorgo pode influenciar a produção de grãos e de massa verde e seca. Contudo, o sorgo pode compensar, até certo ponto, a redução na densidade com a emissão de perfilhos, mas muitas vezes é difícil para o produtor identificar a partir de quando o comprometimento da produção ocorre por falta de informações sobre a relação entre redução de populações de plantas e rendimento (SILVA, 2001).

O crescimento e o desenvolvimento da cultura do sorgo são influenciados pelos fatores climáticos, o que limita à época de semeadura. As variações nas condições climáticas, principalmente na temperatura em diferentes períodos do ano, afetam o desenvolvimento das cultivares de sorgo (MARTIN;

VANDERLIP, 1997). Por outro lado, temperaturas baixas causam esterilidade dos grãos de pólen, influenciando o desenvolvimento da panícula.

Há diferenças no comportamento das cultivares quanto à época de semeadura; de maneira geral, os sorgos do tipo granífero são insensíveis ao fotoperíodo e os sorgos forrageiros mais sensíveis. Neste projeto de pesquisa propomos épocas de semeadura do início da primavera ao início do verão, visando contemplar um período de colheita que coincida com a entressafra da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. SECEX – **Biocombustíveis**: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília: 2005. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 6 nov. 2005.

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/11_12_08_11_00_54_08.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2012.

DUARTE, J. O. **Sorgo**: aspectos econômicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 28 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Milho e Sorgo. **Boletim agrometeorológico ano agrícola**. Sete Lagoas, 2004.

MARTIN, V. L.; VANDERLIP, R. L. Sorghum hybrid selection and planting management under moisture limiting conditions. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 10, n. 1, p. 157-163, Jan./Mar. 1997.

MUTISSYA, J. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 428-434, 2009.

NEUMANN, M. et al. Resposta econômica da terminação de novilhos em confinamento, alimentados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 123-129, 2002.

PINHO, R. G. von; VASCONCELOS, R. **Cultura do sorgo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2002. 80 p. (Textos Acadêmicos).

PIRES, D. A. de A. et al. 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.

RIBAS, P. M. **Importância econômica**: cultivo do sorgo. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2008. Disponível

em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>.
Acesso em: 6 mar. 2012.

RIBEIRO FILHO, N. M. et al. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de Aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008.

RODRIGUES, J. A. S. et al. 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. 2, p. 241-256, 2006.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005.p. 669-691.

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

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; BEISMAN, D. A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 221-229, 1997.

VANDERLIP, R. L. **How a sorghum plant develops**. Manhathan: Kansas States Universit, 1979. 19 p.

CAPÍTULO 2

Características agronômicas e industriais de cultivares de sorgo em função de populações de plantas e épocas de corte das plantas

RESUMO

Objetivou-se inicialmente avaliar as cultivares de sorgo forrageiro e sacarino quanto a características agronômicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em função de populações e épocas de cortes das plantas. O experimento foi instalado em novembro de 2012, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico Científico em Agricultura da UFPA, em Lavras-MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial 2x4x4 (2 cultivares: forrageira BRS 610 e sacarina BRS 506; 4 populações: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹; 4 épocas de corte: florescimento (0 dias após o florescimento (DAF), 10 DAF, 20 DAF e maturidade fisiológica aos 40 DAF). Foram avaliadas as características agronômicas: matéria verde, matéria seca e altura de plantas. A partir da análise do caldo sacarino da cultivar BRS 506, foram avaliadas as características industriais: volume de caldo (VC), sólidos solúveis totais (°brix), açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH). As características agronômicas não são influenciadas pelas populações e épocas de corte. As características industriais são influenciadas pelas épocas de corte. O aumento das populações propicia o maior VC. A época de corte aos 40 DAF propicia os maiores °brix, ART. As TBH e os VC foram de maiores valores aos 20 DAF favorecendo uma maior produção de etanol nesse estádio.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Sorgo sacarino. Sorgo forrageiro. Produção de forragem. Biocombustível.

ABSTRACT

Work is primarily aimed to evaluate sorghum and saccharine culture as agronomic and industrial characteristics are related to fodder profit and production of ethanol related to plant population functions and harvesting periods. The experiment was carried out in November 2012, in the Center of Technological Development in Agriculture Science UFLA, in Lavras – MG. Experimental delineation was designed in certain blocks and was repeated 3 times. The scheme was 2x4x4 (2 cultures: fodder BRS 610 and saccharine BRS 506; 4 populations: 70, 100, 130 and 160 thousands plants per hectare; 4 periods of cutting according to flowering: 0 days after flowering (DAF), 10 DAF, 20 DAF and physiological maturity 40 DAF. There were evaluated several agronomical characteristics such as: green matter (GM), dry matter (DM) and the height of plants (HP). Industrial characteristics such as juice volume (JV), total soluble solid (^obrix), total reducing sugars (TRS) and tones of brix per hectare (TBH) were evaluated after the analysis of saccharine juice made of BRS 506. The agronomic characteristics are not influenced by the population nor the period of cutting. The industrial characteristics are influenced by the period of cutting. Increase of population provides bigger JV. The cutting period of 40 DAF provides the biggest ^obrix, TRS. TBH and JV reached the highest value at 20 DAF and during this period the biggest production of ethanol was obtained.

Key words: *Sorghum bicolor*. Sorghum saccharin. Fodder. Production of forage. Biofuel.

1 INTRODUÇÃO

A estacionalidade de produção das forrageiras no Brasil e a necessidade de uniformidade na produção de leite e carne durante o ano obrigam os pecuaristas a práticas de conservação de forragem na forma de silagem. Na região sul do estado de Minas Gerais, a utilização da silagem de sorgo, ganha destaque, devido aos altos valores nutritivos e de matéria seca, com custos competitivos na entressafra se comparados ao milho (PINHO et al., 2006).

O sorgo sacarino com altura superior a 3 metros, facilidade de mecanização, rapidez do ciclo de produção, alta produção de massa, também pode ser utilizado o bagaço para produção de silagem ou geração de energia e etanol de segunda geração (RUBIN, 2008; DURÃES, 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012). Assim como a cana-de-açúcar possui nos colmos o caldo sacarino rico em açúcares fermentáveis, apresentando-se como promissora matéria-prima para produzir etanol, que é obtido por meio do processo da fermentação desses açúcares, utilizando enzimas responsáveis pela hidrólise da sacarose (NAIK et al., 2010; RATNAVATI et al., 2010; KIM; DAY, 2010; PURCINO, 2011).

A partir de 2003 no Brasil, tornou-se comum o uso de veículos bicombustíveis (flex) abastecidos com etanol ou gasolina. Há grande incentivo por pesquisas em fontes energéticas renováveis, em função da crescente demanda energética, contribuindo para a redução do consumo das fontes não renováveis, gerando um maior equilíbrio entre a produção e o consumo de CO₂ na natureza. O etanol é responsável por 90% do total dos biocombustíveis produzidos em diferentes partes do mundo (ALMODARIS; HADI, 2009; CUNHA; SEVERO FILHO, 2010; PRABU; MURUGESAN, 2011).

A produção de etanol a partir do sorgo sacarino poderá servir de matéria-prima complementar a cana-de-açúcar, na época da entressafra (março e

abril), onde os canaviais apresentam menor concentração de sacarose nos colmos devido à imaturidade da planta (AZEVEDO et al., 2003; FERNANDES et al., 2003). O desafio para as usinas de produção de etanol que operam oito meses por ano, com entressafra de quatro meses é ser economicamente viável e sustentável. No cenário apresentado, o sorgo sacarino figura como alternativa de cultivo nessa entressafra, para incrementar a cadeia produtiva do etanol, com o potencial de diminuir a ociosidade das máquinas neste período, pois, pode-se utilizar os mesmos equipamentos de moagem, fermentação e destilação empregados para a fabricação do etanol a partir da cana-de-açúcar.

Entre as práticas culturais empregadas para a obtenção de maior produção dos vegetais, a escolha das melhores populações de plantas é importante por melhorar a eficiência no aproveitamento dos recursos do ambiente, como luz e água e reduzir a competição com as plantas invasoras. Quanto às épocas de corte, essas exercem alta influência nas características agronômicas e industriais, pois à medida que a planta se desenvolve, além do aumento das massas verde e seca das plantas, que cessa na maturidade fisiológica, é importante a identificação das melhores épocas de corte das plantas relacionadas à produção de etanol e ao maior rendimento forrageiro.

No Brasil, são escassos os trabalhos relacionados com o manejo cultural do sorgo sacarino, especificamente sobre o comportamento de cultivares em diferentes populações de plantas e épocas de cortes, visando ao rendimento de forragem e relacionados à produção de etanol. Essas pesquisas foram realizadas há muitos anos atrás (RODRIGUES; LEITE, 1999; TEIXEIRA et al., 1999; ALBUQUERQUE et al., 2012).

O objetivo com este trabalho foi o de avaliar o comportamento dos sorgos forrageiro e sacarino quanto a características agronômicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em função de diferentes populações de plantas e épocas de cortes das plantas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado no dia 23 de novembro de 2012 na área do Centro Experimental de Desenvolvimento Tecnológico Científico da UFLA em Lavras–MG, sob semeadura direta, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico, textura argilosa e declividade de 9% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 2006). O clima no município é classificado como mesotérmico, com temperatura médias anuais de 19,3 °C, precipitação média anual de 1.411 mm, com 70% desse total concentrado nos meses de dezembro a março. . A condução do experimento deu-se em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas favoráveis ao cultivo do sorgo (Figura 1).

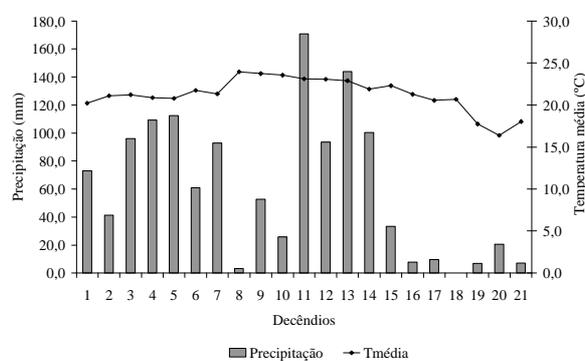


Figura 1. Dados médios de temperatura e precipitação pluviométrica por decêndio, em Lavras, MG, no período de 01/11/2012 a 31/05/2013. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA.

A área foi dessecada com o herbicida Roundup-Transorb, 15 dias antes da semeadura. Foi semeado o dobro do número de sementes recomendado para as populações de plantas. O controle de daninhas foi realizado em pós-emergência aos 25 dias após a emergência do sorgo, com o uso de atrazina na dosagem de $4,0 \text{ L ha}^{-1}$, com repasse de capina manual aos 40 dias após a emergência para o controle das plantas daninhas monocotiledôneas. O desbaste visando às populações de plantas foi realizado aos 30 dias após a emergência das plantas. Para o controle dos insetos foi aplicado o inseticida Decis na dosagem de 250 ml ha^{-1} aos 50 dias após a emergência do sorgo.

2.2 Análise de solo e adubação

Os resultados obtidos com a análise química de solo na camada de 0-20 cm de profundidade foram: pH em $\text{H}_2\text{O} = 5,7$; $\text{P} = 11,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 109 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V}\% = 57,1$; matéria orgânica = 30 g kg^{-1} , $\text{S-SO}^{-4} = 9,8 \text{ mg dm}^{-3}$. A adubação foi calculada de modo a fornecer quantidades de nutrientes, baseadas na expectativa de alta produtividade de forragem (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, CFSEMG, 1999). Em todos os tratamentos foram utilizados 375 kg ha^{-1} de 8-28-16+0,5% Zn em adubação de semeadura e 460 kg ha^{-1} de 30-00-20 em adubação de cobertura, aos 25 dias após a emergência das plantas.

2.3 Características avaliadas

Foram avaliadas as características: a) altura de plantas (AP): medida em metros de cinco plantas representativas na área útil da parcela, desde o solo até o topo da panícula do colmo principal, expressos em metros; b) matéria verde ha^{-1} (MV): pesagem das plantas colhidas na área útil da parcela, em balanças tipo

dinamômetro. Os valores obtidos foram expressos em kg ha^{-1} ; c) matéria seca ha^{-1} (MS): pré-secagem de amostras de cerca de 300 gramas do material fresco e picado em estufa com ventilação forçada de ar a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante, e pesagem em balança analítica. O peso resultante, com base na massa verde obtida, foi expresso em kg ha^{-1} ; d) volume de caldo (VOL.): determinados pela medição do volume de caldo de oitos colmos colhidos na parcela útil, extraído em moenda elétrica (motor 1KW). Os colmos foram passados duas vezes na extração, sendo na segunda vez dobrados ao meio para maior extração do caldo e os valores foram expressos em L ha^{-1} ; e) sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{brix}$): o caldo foi filtrado e homogeneizado e as gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro digital e os valores foram expressos $^{\circ}\text{brix}$; f) açúcares redutores totais (ART): determinado pelo método redutométrico de Somogy, adaptado por Nelson (1944); i) sacarose (SAC): determinado pelo método redutométrico de Somogy, adaptado por Nelson (1944); j) tonelada brix por hectare (TBH): determinado a partir da relação entre a produtividade de colmos por hectare pelo $^{\circ}\text{brix}$ médio, expressos em toneladas $^{\circ}\text{brix ha}^{-1}$.

2.4 Detalhes experimentais e análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial $2 \times 4 \times 4$ (2 cultivares: “forrageira BRS 610” e “sacarina BRS 506”; 4 populações de plantas: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha^{-1} ; 4 épocas de corte: 0 dias após florescimento (DAF), 10 DAF, 20 DAF e na maturidade fisiológica aos 40 DAF). O florescimento das cultivares procedeu-se aos 81 dias após a emergência. Para a análise do caldo sacarino foi considerada apenas a cultivar “sacarina BRS 506” e neste caso adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial 4×4 (4 populações de plantas de semeadura: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha^{-1} ; 4

épocas de corte: florescimento, 10 DAF, 20 DAF e maturidade fisiológica aos 40 DAF). A parcela experimental constou de quatro linhas de 4 m e espaçamento de 0,6 m, sendo a área útil, as duas linhas centrais.

A princípio, foram realizados os testes de aditividade do modelo, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Não havendo nenhuma restrição às pressuposições da análise da variância, os dados foram submetidos a análises de variâncias pelo teste F ($P < 0,05$). Mediante o teste F significativo procedeu-se a regressão com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na significância dos efeitos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria verde apresentou diferenças significativas apenas para a fonte de variação épocas de corte. Para a matéria seca, não foram constatadas diferenças significativas. No caso da altura de plantas houve diferenças significativas apenas para a fonte de variação cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 Resumo da análise de variância para as características de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e altura de plantas (AP).

Fontes de Variação:	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	2	40198155,09	3050198,45	0,01
Cultivares (C)	1	222801820,31	659751,36	13,75**
Populações de plantas (P)	3	433831923,70	23692994,79	0,008
Épocas de Corte (E)	3	898933262,44*	38379389,81	0,11
C*P	3	79462740,83	8726698,98	0,15
C*E	3	35572709,97	12589906,11	0,05
P*E	9	549724107,86	30043286,52	0,01
C*P*E	9	101401546,13	7253736,71	0,01
Erro	62	306581182,12	17325706,45	0,04
Médias BRS 506		70972,19	18586,04	3,22
Médias BRS 610		74019,06	18420,24	2,46
CV(%)		22,15	20,50	7,81

* ** significativo aos 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os coeficientes de variação (C.V.s) para as características agronômicas variaram entre 7,81 e 22,15% e indicam boa precisão na condução do

experimento para essas características. Essas estimativas se assemelham aos encontrados na literatura, com valores próximos considerando as mesmas características avaliadas para o sorgo sacarino (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al, 2012; MAY et al., 2012).

Para as matérias verde e seca não foram encontradas diferenças entre as cultivares. Resultados esperados já que ambas são recomendadas com aptidão forrageira. A cultivar BRS 506 é de dupla aptidão e é classificada como sacarino/forrageira, sendo testada como forrageira em vários trabalhos (MONTEIRO et al., 2004; SILVA et al., 2005; GOMES et al., 2006). A cultivar forrageira BRS 610, produz silagem de qualidade satisfatória, com destaque para a silagem produzida no estágio pastoso/farináceo (FARIA JÚNIOR et al., 2010).

Com o aumento das populações de plantas, houve incrementos nos valores das produtividades de matéria verde e seca, porém não houve diferenças significativas, possivelmente devido ao efeito compensatório do perfilhamento na redução das populações nas cultivares de sorgo.

Foi relatado em sorgo por Montagner; Lovato e Garcia (2004) um aumento na produção de grãos e de matéria verde com a redução nas populações iniciais de plantas, sendo que o sorgo compensou a redução no número de plantas até 114000 plantas ha⁻¹. Esse comportamento pode ser extrapolado para o sorgo sacarino que tem características fisiológicas muito semelhantes, fazendo-se necessário, entretanto identificar e mensurar esse aspecto de compensação do estande. Em contrapartida neste trabalho as menores populações de plantas não diferiram no rendimento forrageiro avaliado pelas matérias verde e seca, devido ao maior perfilhamento em comparação com as maiores populações de plantas.

Em trabalho conduzido com sorgo sacarino, envolvendo diferentes arranjos de plantas e duas cultivares, Albuquerque et al. (2012), verificou que o aumento das populações de plantas provocou os maiores valores na

produtividade de matéria verde, porém não houve diferenças significativas, corroborando com os resultados obtidos. De acordo com Neumann et al. (2010), a população de plantas não afeta a produção e o valor nutricional da planta de sorgo, sendo que os teores de matéria seca e proteína bruta não foram alterados em função das populações.

Com o avanço das épocas de corte, a produção de matérias verde, apresentou tendência quadrática, sendo que o coeficiente de determinação explicou 87% da variação dos dados (Figura 2).

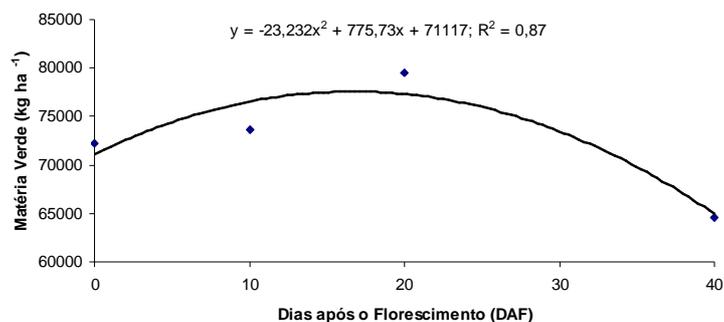


Figura 2 Matéria verde em função das épocas de corte das plantas, expressa em kg ha⁻¹.

Observa-se que o ponto de máximo valor dessa característica foi aos 20 DAF, após esse ponto há intensa perda de água nos tecidos vegetais. Assim, o atraso no corte das plantas para a época da maturidade fisiológica (40 DAF), propicia queda na produção de matérias verde em relação às outras épocas de corte. Isso ocorre devido às plantas se estarem em senescência, ou seja, com perda acentuada de água nos tecidos vegetais e posterior queda de folhas. Assim, aos 20 DAF pode-se iniciar a colheita do sorgo, visando o maior rendimento de forragem, independentemente das populações de plantas adotada.

Segundo Pires et al. (2006), a produção de matéria verde e a qualidade da silagem de cultivares 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. Contudo, os autores observaram diferenças significativas entre as cultivares. Os grãos de sorgo entram após o florescimento em processo de maturação que se encerra na maturidade fisiológica e, concomitantemente, a participação dos grãos na matéria seca total aumenta (PINHO; VASCONCELOS, 2002). Entretanto, o endurecimento dos grãos promove a redução na digestibilidade da silagem de planta inteira por ser acompanhado pela secagem das folhas.

De acordo com Pereira Filho et al. (2013), o peso da matéria verde é uma característica de grande importância em sorgo sacarino e reflete positivamente na produção de caldo. Entretanto, o conteúdo de açúcares no caldo e, por consequência, a conversão em etanol, é dependente da cultivar, fatores ambientais, época de colheita, e eficiência de processos de transporte e de conversão industrial, uma vez que há sempre uma correlação positiva entre estas duas características.

A altura de plantas apresentou maiores valores para a cultivar sacarina BRS 506 (3,22 m), em comparação com a cultivar forrageira BRS 610 (2,46 m.). Houve incrementos de pequena magnitude com o aumento das populações de plantas, porém não houve diferenças significativas. Vários autores que trabalharam com o sorgo sacarino, também não encontraram relação entre a altura de plantas e as diferentes populações de plantas (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012). Segundo esses autores, a altura de plantas é dependente da cultivar e das condições climáticas prevalentes no local e ano de cultivo.

Para as características agronômicas avaliadas, o intervalo de dez dias entre as épocas de corte, exceto na maturidade fisiológica, onde o intervalo entre a época de corte anterior foi de 20 dias, não foi suficiente para gerar diferenças significativas na maioria das características agronômicas.

Na Tabela 2 estão apresentadas as análises de variâncias para as características industriais do caldo extraído da cultivar BRS 506. Para o volume de caldo, foram constatadas diferenças significativas para as fontes de variação populações e épocas de corte. Para o Brix, açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH) houve diferenças significativas apenas para as épocas de corte. A sacarose apresentou significância para populações, época de corte e interação populações de plantas e épocas de corte.

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as características de volume do caldo (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix), açúcares redutores totais (ART), sacarose (SAC) e toneladas de brix por hectare (TBH).

	GL	Q. M.				
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	ART(%)	SAC(%)	TBH (t ha ⁻¹)
Blocos	2	3099369,14	0,64	0,97	0,03	26856,39
Populações de plantas (P)	3	471709892,57**	0,79	5,15	4,58**	1829461,07
Épocas de Corte (E)	3	135646019,63**	67,18**	30,33**	39,20**	11040070,68**
P * E	9	28504959,09	1,07	4,13	4,03**	1462535,90
Erro	30	17831726,52	0,8	1,18	0,97	929102,77
Média Geral		22367,22	13,97	12,68	8,91	4,46
CV(%)		18,88	6,4	8,57	11,06	21,32

*** significativo aos 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os coeficientes de variação para as características avaliadas variaram entre 6,4 e 21,32% e são indícios de boa precisão. O valor de C.V. (18,8%)

encontrado para o volume de caldo encontra-se próximo ao relatado por Pereira Filho et al. (2013), que foi de 19% e abaixo dos valores encontrados por Albuquerque et al. (2012), que foi de 28%. Para o Brix, o valor de C.V. (6,4%) se aproxima aos encontrados por Pereira Filho et al. (2013); Albuquerque et al. (2012) e May et al. (2012).

Para o volume de caldo, ocorreu relação linear com o aumento das populações de plantas, sendo que o coeficiente de determinação explicou 99% das variações dos dados (Figura 3). Observa-se o incremento no volume de caldo com o aumento das populações de plantas, sendo que esses resultados corroboram aos obtidos por vários autores que avaliaram diferentes populações de plantas de sorgo sacarino (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012), onde as maiores produções de volume e massa do caldo ocorreram nas maiores populações de plantas.

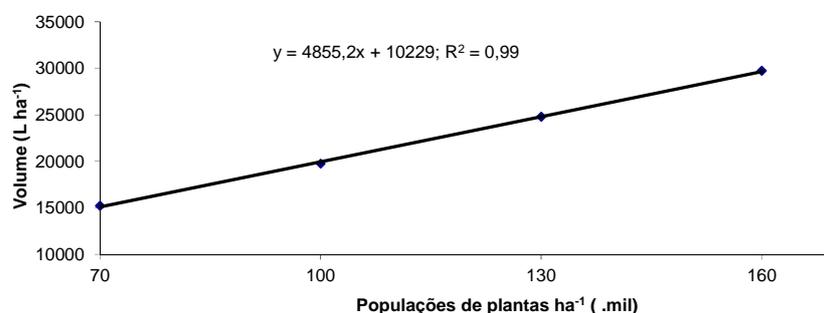


Figura 3 Volume de caldo em função das populações de plantas, expresso em Litros ha⁻¹.

O mesmo comportamento linear para o volume de caldo foi obtido por Pereira Filho et al. (2013, testando cultivares sacarinas, onde na maior população de plantas (175 mil plantas ha⁻¹), obteve-se média acima de 25.000 Litros ha⁻¹. A maior população de plantas neste trabalho produziu em média 30.000 Litros ha⁻¹.

Podemos considerar na prática que cada litro de caldo sacarino pesa 1 Kg, ou seja, a mesma relação entre as unidades, esses valores estão acima dos encontrados por Albuquerque et al. (2012) com produtividade de 7.3 toneladas ha^{-1} . É importante ressaltar que o equipamento utilizado para a extração do caldo não foi de máxima eficiência e ainda os valores estão abaixo dos encontrados por May et al. (2012) que extraiu na prensa hidráulica, considerada de máxima eficiência, massa superior a 33 toneladas ha^{-1} .

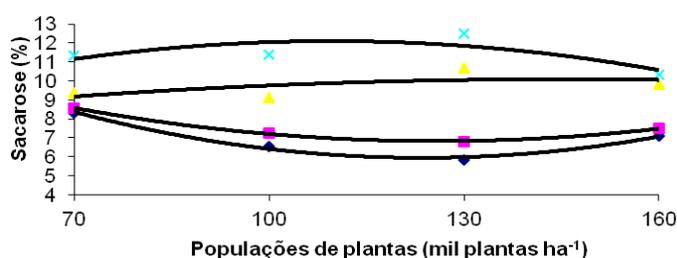
Assim como nos trabalhos de Albuquerque et al. (2012) e Pereira Filho et al. (2013), o °brix não foi afetado pelas diferentes populações. O °brix é um termo que representa a aproximação do conteúdo de sólidos totais, apresentando correlação significativa e positiva com a concentração total de açúcar (TEETOR et al., 2011) e é diretamente influenciado pela taxa fotossintética das plantas.

Vale ressaltar que a concentração de sólidos solúveis (°brix) é largamente empregada pelas indústrias de produção de açúcar e álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares no caldo (TSUCHIHASHI; GOTO, 2004). A concentração de açúcares totais (°brix) apresenta alta correlação com as concentrações de sacarose e outros açúcares redutores do caldo de sorgo sacarino e é de fácil determinação. Guigou et al. (2011), sugere ainda sua utilização para a seleção indireta de cultivares, sendo essa característica de fácil medição e não demandando reagentes durante o processo.

Para o teor de açúcares redutores totais (ART) não houve diferenças significativas com o aumento das populações de plantas, corroborando com os resultados obtidos por Pereira Filho et al. (2012). Ao contrário dos sólidos solúveis, com o aumento das populações de plantas ocorreu a diminuição dos ART, porém, esta diminuição foi de baixa magnitude.

Para a sacarose, houve interação entre as populações de plantas e épocas de corte. De maneira geral os valores de sacarose aumentaram à medida que foi

se atrasando o corte das plantas, sendo que os maiores valores foram encontrados na maturidade fisiológica aos 40 DAF, onde a planta se encontrava em senescência, com perda acentuada de água e uma maior concentração desse açúcar no caldo (Figura 4). Observa-se ainda os maiores valores de sacarose no florescimento (zero DAF) e 10 DAF na população de 70 mil plantas ha^{-1} , possivelmente devido a menor competição entre as plantas na linha e uma maior incidência de luz, que favoreceu a fotossíntese. O corte das plantas realizado aos 20 DAF e aos 40 DAF propiciou os maiores valores de sacarose na população de 130 mil plantas ha^{-1} . Portanto o melhor estágio de colheita, visando esse caráter, situou-se na maturidade fisiológica na população de 130 mil plantas ha^{-1} .



◆ 0 DAF ■ 10 DAF ▲ 20 DAF × 40DAF

$$y(0 \text{ DAF}) = 1,26x^2 - 5,73x + 12,83; R^2 = 0,99$$

$$y(10\text{DAF}) = 0,75x^2 - 4,23x + 12,20; R^2 = 0,85$$

$$y(20\text{DAF}) = 0,60x^2 - 3,03x + 12,05; R^2 = 0,57$$

$$y(40\text{DAF}) = -0,54x^2 + 2,51x + 9,17; R^2 = 0,60$$

Figura 4 Teor de sacarose, desdobramentos das populações de plantas: épocas de corte, expresso em %.

Considerando as épocas de corte para o caráter volume de caldo, na medida em que se postergou a época de corte ocorreu um comportamento quadrático, sendo que o coeficiente de determinação, explica 98% da variação dos dados, com o valor de ponto máximo aos 20 DAF e posterior queda desse valor na maturidade fisiológica aos 40 DAF. Isto ocorreu devido à perda de água nos colmos das plantas próximo ao estágio de senescência da planta (Figura 5).

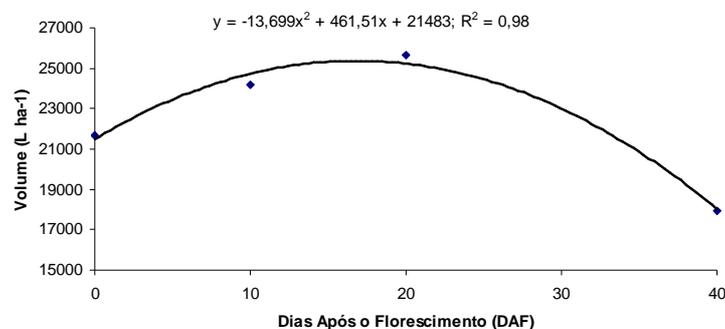


Figura 5 Volume de caldo em função das épocas de corte das plantas, expresso em Litros ha⁻¹.

Para o teor de sólidos solúveis totais (°brix), observa-se um incremento em função das épocas de corte, onde para cada dia após o florescimento, houve acréscimo de 0,136 °brix, ou seja, a cada sete dias há um aumento de aproximadamente 1 °brix (Figura 6). O coeficiente de determinação explica 96% da variação do brix em função das épocas de corte. Os maiores valores de °brix, foram encontrados na maturidade, estágio no qual há a maior concentração de açúcares, devido à perda de água nos tecidos em senescência. Analisando o caldo sacarino em diferentes épocas de corte, Teixeira et al. (1999), também encontraram os maiores teores de sólidos solúveis no estágio da maturidade.

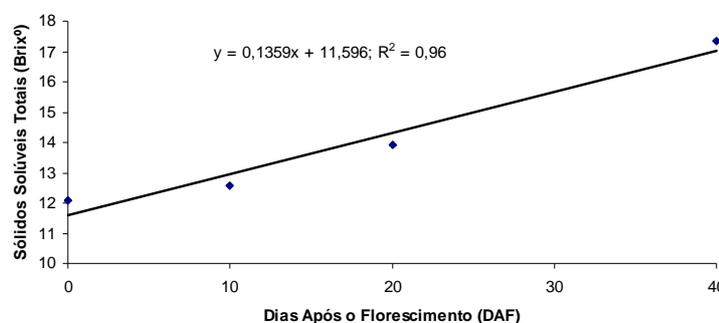


Figura 6 Teor de sólidos solúveis totais em função das épocas de corte das plantas, expresso em °brix.

O valor máximo para o °Brix encontrado foi semelhante ao encontrado por Lourenço et al. (2007), que foi de 17 °Brix. O °Brix encontrado por Ribeiro Filho et al. (2008) foi de 11,6 °Brix e está abaixo a média aqui apresentada (13,97). Com relação aos valores de Brix, pode-se verificar que os mesmos são semelhantes aos encontrados na cana-de-açúcar, por volta de 19 °Brix (AZEVEDO et al., 2003; FERNANDES et al., 2003), um valor maior que o máximo encontrado para o sorgo sacarino, o que provavelmente não prejudica a utilização do mesmo para a produção de etanol.

A concentração dos açúcares redutores totais (ART) apresentou relação linear com as épocas de corte, com o coeficiente de determinação de 98%. (Figura 7). Para cada dia após o florescimento, há acréscimo de 0,09% de ART, sendo ainda que essa concentração aumentou, em função do avanço das épocas de corte das plantas, pois, à medida que a planta amadurece, há perda de água nos tecidos vegetais e conseqüentemente uma maior concentração de sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais no caldo do colmo da planta.

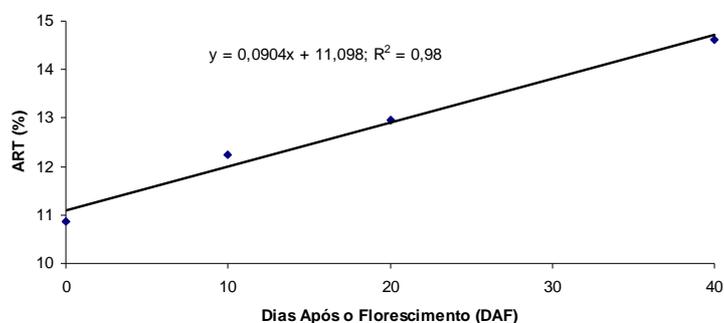


Figura 7 Teor de açúcares redutores totais (ART) em função das épocas de corte das plantas, expresso em %.

Estudos realizados por Tsuchihashi e Goto (2004) mostram uma relação linear entre a concentração de açúcares totais e o brix extraído de colmos de sorgo sacarino. Contudo, os valores médios de ART obtidos neste trabalho (12,68%) estão bem acima os resultados obtidos por Ribeiro Filho et al. (2008), com moagem de colmos de sorgo sacarino, obtendo 9,81% de ART.

Para a característica toneladas de brix por hectare (TBH), houve tendência quadrática de acordo com a equação, sendo que o coeficiente de determinação, explica 93% da variação TBH em função das épocas de corte das plantas (Figura 8). Houve diferenças estatísticas em função das épocas de corte e observa-se o valor de ponto máximo de toneladas de brix por hectare (TBH) aos 20 DAF. À medida que a planta floresce e se desenvolve, as épocas de corte exercem alta influência nessa característica, além do aumento da massa verde da planta e colmo, além do volume de caldo até o ponto de máximo aos 20 DAF. Assim por volta do estágio 20 DAF e antes da maturidade fisiológica aos 40 DAF, pode se iniciar a colheita do sorgo sacarino visando à obtenção de maiores valores de TBH e conseqüentemente uma maior produção de etanol por hectare.

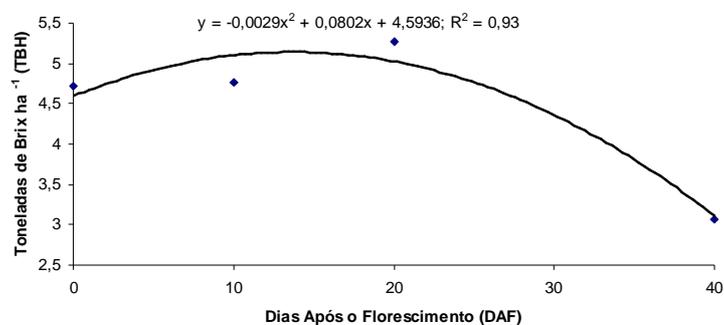


Figura 8 Toneladas de brix por hectare (TBH) em função das épocas de corte das plantas, expresso em toneladas de brix por hectare. 2013.

Para as características industriais avaliadas, provavelmente o intervalo de apenas dez dias entre as épocas de corte, exceto na maturidade fisiológica, onde o intervalo entre a época de corte anterior foi de 20 dias, foi o suficiente para gerar diferenças significativas em função das épocas de corte.

Quanto às populações testadas somente para o volume de caldo e teor de sacarose, houve diferenças significativas, ou seja, os maiores volumes foram obtidos nas maiores populações de plantas, devido ao menor perfilhamento, que favorece maior volume de caldo no colmo principal. Para a sacarose houve ainda a interação entre as populações e épocas de corte das plantas, sendo que as melhores populações foram dependentes das épocas de corte de plantas.

CONCLUSÕES

A maioria das características agronômicas dos sorgos forrageiro e sacarino não é influenciada pelas populações e épocas de corte das plantas. Somente a matéria verde foi influenciada pelas populações de plantas.

As características industriais no sorgo sacarino são influenciadas pelas épocas de corte das plantas. A época de corte realizada na maturidade fisiológica aos 40 DAF no sorgo sacarino propicia os maiores teores de °brix e açúcares redutores totais. As toneladas de °brix por hectare e os volumes de caldo foram de maiores valores na época de corte aos 20 DAF favorecendo uma maior produção de etanol nesse estágio.

O teor de sacarose foi influenciado pelas épocas de corte nas diferentes populações de plantas, sendo os maiores valores na época de corte realizada na maturidade aos 40 DAF e na população de 130 mil plantas ha⁻¹.

O aumento das populações de plantas propicia o maior volume de caldo e não influencia as características industriais do caldo sacarino (brix, açúcares redutores totais e toneladas de °brix por hectare).

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. et al. 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.

ALMODARIS, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009.

AZEVEDO, J. A. G. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

CUNHA S. P.; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de Etanol a partir de sorgo sacarino. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, jul./dez. 2010.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e tecnologia. **Revista Agroenergia**, v. 2, n. 33, p. 2-11, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306 p.

FARIA JÚNIOR, W. G. et al. Avaliação das silagens do sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 898-905, 2010.

FERNANDES, A. M. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, p. 977-985, 2003.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

GOMES, S. O. et al. Comportamento agronômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

GUIGOU, M. et al. Bioethanol production from sweet sorghum: evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3058-3062, 2011.

KIM, M.; DAY, D. F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar Mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 38, p. 803-807, 2010.

LOURENÇO, M. E. V. et al. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, p. 103-110, 2007.

MAY, A. et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012.

MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D. C. Perdas aleatórias na populações inicial e sua relação com o rendimento de grãos em sorgo - **Revista Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 281-285, 2004.

MONTEIRO, M. C. D. et al. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 52-61, 2004.

NAIK, S. B. et al. Production on first and second generation biofuels: a comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 518-597, 2010.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEUMANN, M. et al. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura no cultivo do sorgo em manejo de cortes. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n.3, p. 228-235, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] em diferentes populações de plantas 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. Von; VASCONCELOS, R. PINHO; Cultura do Sorgo. Textos Acadêmicos. Editora UFLA. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2002. 80 p.

PINHO, R. G. von et al. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.

PIRES, D. A. de A. et al. 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. Elementos do plano de negócios do sorgo sacarino da EMBRAPA. **Revista Agroenergia**, v. 2, n. 3, p. 46-54, 2011.

PRABU, C. S.; MURUGESAN, A. G. Potential utilization of sorghum field waste for fuel ethanol production employing *Pachysolen tannophilus* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2788 - 2792, 2011.

RATNAVATHI, C. V. et al. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Karnataka Journal Agricultural Science**, v. 34, p. 947-952, 2010.

RIBEIRO FILHO, N. M. et al. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a Produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 30-39, 2008.

RODRIGUES, E. F.; LEITE, I. C. Crescimento de genótipos de sorgo plantados nos sentidos norte-sul e leste-oeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 173-179, 1999.

RUBIN, E. M. Genomics of cellulosic biofuels. **Nature**, v. 454, p. 841-845, 2008.

SILVA, A. G. et al. Avaliação dos caracteres agrônômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 2844-2851, 2005.

TEETOR, V. H. et al. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1293-1300, 2011.

TEIXEIRA, C. G. et al. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999.

TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, v. 1, n. 7, p. 442-448, 2004.

CAPÍTULO 3

Características agronômicas e industriais de cultivares de sorgo em função de populações de plantas, épocas de semeadura e de corte das plantas

RESUMO

O objetivo do segundo trabalho foi o de avaliar o comportamento das cultivares de sorgo forrageiro e sacarino quanto a características agronômicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em função de épocas de semeadura na região de Lavras-MG. Para isso foram instalados cinco experimentos em intervalos de 21 dias, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Científico em Agricultura da UFLA, em Lavras-MG. Procedeu-se a análise conjunta dos experimentos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 repetições, em esquema fatorial 2x2 (2 cultivares: forrageira BRS 610 e sacarina BRS 506 em 2 populações: 100 e 130 mil plantas ha⁻¹). Foram avaliadas as características agronômicas: matéria verde (MV), matéria seca (MS) e altura de plantas (AP). Para a análise do caldo sacarino foi considerada a cultivar BRS 506 em esquema de parcelas subdivididas em 2 épocas de corte (20 dias após o florescimento e na maturidade fisiológica aos 40 dias após o florescimento), sendo avaliadas as características industriais: volume de caldo (VC), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas de brix por hectare (TBH). As características agronômicas são influenciadas pelas cultivares, populações de plantas e épocas de semeadura. A cultivar sacarina e a maior população proporciona as maiores MV e MS. A época de semeadura realizada em 22 de novembro aos 21 dias após a data base (1/11) propicia incrementos nessas características. A maioria das características industriais é influenciada pelas populações, épocas de corte e épocas de semeadura. O aumento das populações propicia o maior VC e TBH. O atraso na época de corte propicia os maiores valores de °brix e os menores valores de VC e TBH. A semeadura realizada em 22 de novembro aos 21 dias após a data base (1/11) na época de corte aos 20 DAF e na população de 130 mil plantas ha⁻¹ propiciou os maiores incrementos na maioria das características industriais.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Sorgo sacarino. Matéria seca. Produção de forragem. Brix.

ABSTRACT

The objective of the second study was to evaluate behavior of fodder and saccharine sorghum culture as well as agronomical and industrial characteristics related to fodder profit and the production of ethanol during the period of sowing in Lavras-MG region. In order to obtain all above mentioned values there were done five experiments in interval of 21 days, in the Centre for Technological and Scientific development in Agriculture UFLA, Lavras-MG. The analysis preceded experimental delineation of blocks that was repeated 5 times according to following schema 2x2 (2 cultures: fodder BRS 610 and saccharine BRS 506 in two populations: 100 and 130 thousands plants per hectares). Agronomical characteristics such as green matter (GM), dry matter (DM) and the height of plant (HP) were evaluated. In order to analyze sweetness of juice the culture BRS 506 was used. This kind of analysis was done during two different periods of cutting (20 DAF and 40 DAF – physiological maturity), other industrial characteristics were evaluated as well: juice volume (JV), total soluble solid (^obrix) and tons of brix per hectare (TBH). Agronomical characteristics were influenced by different cultures, population of plants and period of sowing. The culture of saccharine provides larger population and bigger amount of GM and DM. Concerning the sowing that was carried out on November, 22 and 21 days after this date (1/11) the increase of features was noticed. Majority of industrial characteristics were influenced by population, period of cutting as well as period of sowing. Increasing population provides bigger JV and more TBH. The delay in harvesting provides higher values of ^obrix and lower values of JV and TBH. Sowing was carried out on November, 22 that means 21 days after the base date (1/11) representing cutting period 20 DAF. Population of 130 thousand plants per hectare provided the biggest increase in most industrial characteristics.

Key words: *Sorghum bicolor*. Sorghum saccharin. Dry matter. Production of forage. Brix.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, com a intensificação das atividades da pecuária leiteira e de corte, houve aumento na demanda por alimentos durante o período de escassez de forragens no inverno. Na região sul do estado de Minas Gerais, a utilização da silagem de sorgo, vem ganhando destaque, devido à alta produtividade de massa verde e seca, valor nutritivo e custos competitivos na entressafra se comparados ao milho (PINHO et al., 2006).

Ainda nessa região o sorgo é uma das poucas opções que restam após a colheita da safra de verão e após o período de semeadura de espécies muito sensíveis à falta de umidade. Além disso, o uso de sorgo de duplo propósito, em substituição ao milho, na alimentação de animais não altera o consumo de matéria seca, o ganho de peso e a conversão alimentar, além de proporcionar maior rentabilidade ao produtor rural (NEUMANN et al., 2004).

O sorgo sacarino, além de excelente cultura forrageira, vem chamando a atenção pelo seu grande potencial energético, em virtude da sua capacidade de acumular nos colmos, caldo rico em açúcares fermentáveis (RATNAVATI et al., 2010). Pode ser processado nas mesmas instalações das usinas de cana-de-açúcar para produção de etanol, sendo opção de matéria-prima complementar para as destilarias na entressafra para a produção de etanol ou mesmo de outros produtos como aguardente e açúcar (SOUZA et al., 2005; RIBEIRO FILHO et al., 2008). Além de fornecer resíduo fibroso (bagaço) que pode ser usado como fonte de energia para gerar vapor nas caldeiras ou usado na alimentação animal.

Os baixos rendimentos registrados para a cultura em regiões produtoras se devem ao pouco conhecimento das respostas fisiológicas das cultivares aos fatores ambientais como a má distribuição pluviométrica, o baixo uso de fertilizantes e corretivos e inadequadas populações de plantas e épocas de semeadura (LANDAU; SANS, 2008).

Entender o comportamento das cultivares forrageiras e sacarinas, em diferentes condições de manejo como populações de plantas, épocas de corte das plantas em diferentes épocas de semeadura, possibilitaria a adoção de estratégias de manejo mais eficientes pelo produtor, aumentando a produtividade e a sustentabilidade da atividade.

Quanto às épocas de semeadura, estas são de grande importância no rendimento forrageiro e industrial do sorgo, uma vez que, em épocas mais tardias de semeadura (a partir de janeiro) normalmente ocorre diminuição da disponibilidade de água no solo, da temperatura e de insolação. Em semeaduras mais tardias, o fotoperíodo começa a diminuir, induzindo o meristema apical das plantas de sorgo a passarem da fase vegetativa para a fase reprodutiva, diminuindo a sua produção (SILVA; ROCHA, 2006).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento dos sorgos forrageiro e sacarino quanto a características agrônomicas e industriais relacionadas ao rendimento forrageiro e a produção de etanol em duas populações de plantas e duas épocas de cortes das plantas em função de cinco épocas de semeadura na região de Lavras-MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e condução dos experimentos

Os cinco experimentos foram conduzidos, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Científico em Agricultura da UFLA, situada em Lavras–MG, sob semeadura direta, instalados em intervalos de 21 dias entre si, a partir de 01 de novembro de 2012, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico, textura argilosa e declividade de 9% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 2006). O clima predominante no município é classificado como mesotérmico, com temperaturas anuais de 19,3 °C, precipitação de 1.411 mm, com 70 % desse total concentrado nos meses de dezembro a março. A condução dos experimentos deu-se em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas normais a região do cultivo do sorgo (Figura 1).

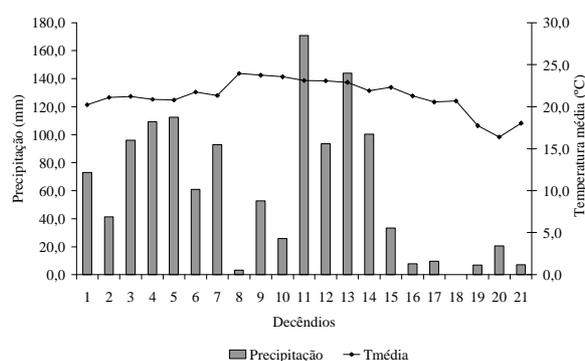


Figura 1. Dados médios de temperatura e precipitação pluviométrica por decêndio, em Lavras, MG, no período de 01/11/2012 a 31/05/2013. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA.

A área foi dessecada com o herbicida Roundup-Transorb, 15 dias antes da semeadura. Foi semeado o dobro do número de sementes recomendado para as populações de plantas. O controle de daninhas foi realizado em pós-emergência aos 25 dias após a emergência do sorgo, com o uso de atrazina na dosagem de $4,0 \text{ L ha}^{-1}$, com repasse de capina manual aos 40 dias após a emergência para o controle das plantas daninhas monocotiledôneas. O desbaste visando às populações de plantas foi realizado aos 30 dias após a emergência das plantas. Para o controle dos insetos foi aplicado o inseticida Decis na dosagem de 250 ml ha^{-1} aos 50 dias após a emergência do sorgo.

2.2 Análises de solos e adubação

Os resultados obtidos com a análise química desse solo (0-20 cm de profundidade) foram: pH em $\text{H}_2\text{O} = 5,7$; $\text{P} = 11,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 109 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V}\% = 57,1$; matéria orgânica = 30 g kg^{-1} , $\text{S-SO}_4 = 9,8 \text{ mg dm}^{-3}$. A adubação foi calculada de modo a fornecer quantidades adequadas de nitrogênio, fósforo e potássio, baseadas na expectativa de obtenção de alta produtividade de silagem, acima de 60 toneladas ha^{-1} de matéria verde (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, CFSEMG, 1999). Em todos os tratamentos foram utilizados 375 kg ha^{-1} de 8-28-16+0,5% Zn em adubação de semeadura e 460 kg ha^{-1} de 30-00-20 em adubação de cobertura, aos 25 dias após a emergência.

2.3 Características avaliadas

Foram avaliadas as características: a) altura de plantas (AP): medida em metros de cinco plantas representativas na área útil da parcela, desde o solo até o

topo da panícula do colmo principal; b) matéria verde (MV): pesagem das plantas colhidas na área útil da parcela, em balanças tipo dinamômetro. Os valores obtidos foram expressos em kg ha^{-1} ; c) Matéria seca 55 °C (MS): Pré-secagem de amostras de cerca de 300 gramas do material fresco e picado em estufa com ventilação forçada de ar a 55 °C até peso constante, e pesagem em balança analítica. O peso resultante, com base na massa verde obtida, foi expresso em kg ha^{-1} ; d) volume de caldo (VOL.): determinado pela medição do volume de caldo de oitos colmos, colhidos na parcela útil, extraído em moenda elétrica (motor 1KW). Os colmos foram passados duas vezes na extração, sendo na segunda vez dobrados ao meio para maior extração do caldo e os valores expressos em L ha^{-1} ; e) sólidos solúveis totais (°brix): o caldo foi filtrado e homogeneizado e gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro digital. Os resultados foram expressos em °brix; f) tonelada de brix por hectare (TBH): determinado a partir da produtividade de colmos por hectare e o brix médio. Os resultados foram expressos em toneladas de brix ha^{-1} .

2.4 Detalhes experimentais e análises estatísticas

Foram conduzidos cinco experimentos, instalados em intervalos de 21 dias sendo o primeiro instalado na época de semeadura 01/11/2012 (0 dias após a semeadura (DAS)), 2º-22/11/2012 (21 DAS), 3º-13/12/2012 (42 DAS); 4º-03/01/2013 (63DAS) e 5º-24/01/2013 (84 DAS). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, em esquema fatorial 2x2 (2 cultivares: BRS 610 e BRS 506; 2 populações de plantas: 100 e 130 mil plantas ha^{-1}). Para a análise do caldo sacarino foi considerada apenas a cultivar BRS 506 em esquema de parcelas subdivididas considerando 2 épocas de corte (20 dias após o florescimento e na maturidade, aos 40 dias após o florescimento).

A princípio, foram realizados os testes de aditividade do modelo, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Não havendo nenhuma restrição às pressuposições da análise da variância, os dados foram submetidos a análises de variâncias individuais pelo teste F (Tabelas 1A até 10A), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Posteriormente realizou-se a análise de variância conjunta envolvendo os cinco experimentos. Mediante o teste F significativo ($P < 0,05$) foram realizadas as análises de regressão. Os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e sua significância dos efeitos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância conjunta, para as características matéria verde e seca houve diferenças significativas para as fontes de variação cultivares, populações e épocas de semeadura. Para a altura de plantas as diferenças foram significativas apenas para as fontes de variação cultivares e épocas de semeadura. Para todas essas características agronômicas, houve ainda a interação entre as cultivares e épocas de semeadura (Tabela 1).

Tabela 1 Resumo da análise de variância conjunta envolvendo os cinco experimentos para as características de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos/Épocas	20	256379652*	16835624*	0,05**
Cultivares (C)	1	779344107*	180133173 **	8,66 **
Populações de plantas (P)	1	1089002261**	75882044 **	0,06
Épocas de semeadura (E)	4	5955854727**	413858330**	1,62**
C*P	1	85562838	10128497	0,03
C*E	4	370482818*	24508275*	0,06*
P*E	4	103484111	6825133	0,02
C*D*E	4	128023948	10506463	0,01
Resíduo	60	117069977	8700893	0,02
Média BRS 610		52025,10	12843,80	2,26
Média BRS 506		57608,45	15528,07	2,85
CV(%)		19,73	20,09	5,80

*** significativo aos 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os coeficientes de variação (C.V.s) para essas características agrônomicas variaram entre 5,8 e 20,09% e indicam boa precisão na condução dos experimentos quando comparados com os obtidos por outros autores que também avaliaram diferentes épocas de semeadura (TEIXEIRA et al., 1999; SILVA et al., 2005; SILVA; ROCHA, 2006; PINHO et al., 2007; ALBUQUERQUE et al., 2011; ALBUQUERQUE; MENDES, 2011; PARIZ et al., 2011). Verifica-se ainda que para essas características, a cultivar sacarina BRS 506, foi superior em relação à cultivar forrageira BRS 610.

Na Tabela 2, verifica-se que a população de 130 mil plantas ha⁻¹, se mostrou superior para a maioria das características avaliadas em que foram detectadas diferenças significativas.

Tabela 2 Resultados médios para matéria verde (MV), matéria seca (MS) e altura de plantas (AP), considerando as populações de plantas de semeadura.

Populações (mil plantas)	MV(ton ha⁻¹)	MS (ton ha⁻¹)	AP (m)
100	51516,68 b	13314,83 b	2,53 a
130	58116,78 a	15057,04 a	2,58 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, aos 5% de probabilidade.

Para a produção de matéria verde e seca, houve interação entre as cultivares com as épocas de semeadura, o que indica que o comportamento das cultivares foi diferenciado em cada época de semeadura. Essa interação para essas características também foi constatada por Silva et al. (2005) e Pinho et al. (2007). No presente estudo, para a matéria verde ocorreu tendência quadrática, sendo que o coeficiente de determinação, explicou 81 e 82 % da variação da matéria verde em função das épocas de semeadura, para o sorgo sacarino BRS 506 e o forrageiro BRS 610, respectivamente (Figura 2).

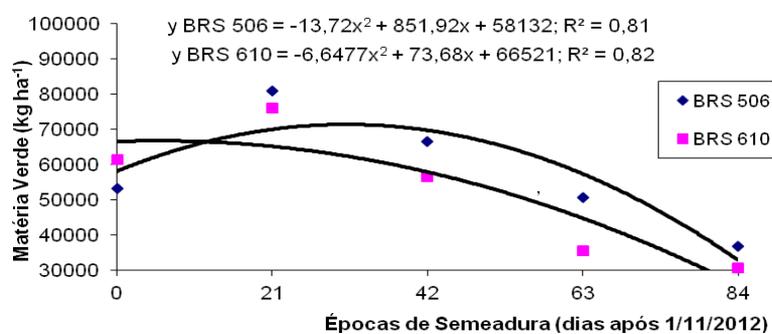


Figura 2 Matéria verde em função das épocas de semeadura, expressa em kg ha⁻¹.

Com relação à matéria seca, verificou-se relação quadrática para o sorgo sacarino BRS 506, sendo que 80% da variação da matéria seca ocorreram em função das épocas de semeadura e para o forrageiro BRS 610, a relação foi linear com 88% da variação explicada pelo coeficiente de determinação. A cada dia de atraso na época de semeadura a partir de 01 de novembro, a produtividade de matéria seca diminui 127,19 kg ha⁻¹ (Figura 3).

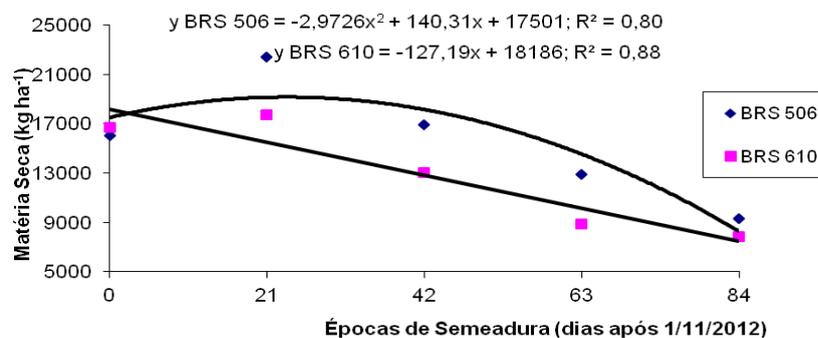


Figura 3 Matéria seca em função das épocas de semeadura, expressa em kg ha⁻¹.

A cultivar sacarina BRS 506, obteve maiores rendimentos para essas características e uma queda mais suave após essa data em relação a cultivar

forrageira BRS 610, mostrando menor sensibilidade ao fotoperíodo. No caso do sorgo forrageiro BRS 610, essa queda foi mais pronunciada a partir da semeadura em 3 de janeiro, aos 63 dias após a data base, mostrando maior sensibilidade dessa cultivar ao fotoperíodo.

A data de maior rendimento de forragem avaliado por essas características que foram altamente influenciadas pelas épocas de semeadura, para as cultivares foi aos 21 dias após a data base, ou seja, na semeadura de 22 de novembro. Esses resultados corroboram com os obtidos por vários autores (SILVA et al., 2005; SILVA; ROCHA, 2006; PINHO et al., 2007; PARIZ et al., 2011), que encontraram os maiores valores das matérias verde e seca, nas épocas de semeadura realizadas em novembro. As médias de produtividade de matéria seca foram superiores às encontradas por Albuquerque et al. (2009); Albuquerque e Mendes, (2009) que em condições de semiárido encontraram valores próximos de $8,95 \text{ t ha}^{-1}$, evidenciando assim a boa aptidão da região de Lavras-MG para o cultivo dos sorgos forrageiros e sacarino, inclusive em épocas de semeadura mais tardias.

Segundo PINHO et al. (2007), em experimentos instalados em três épocas de semeadura (novembro, dezembro e janeiro) no município de Lavras-MG, a semeadura em meados de novembro foi a época mais propícia para a produção de matéria seca do sorgo forrageiro e do sorgo de duplo propósito para forragem e grãos. Esses resultados corroboram com os obtidos neste trabalho.

Em duas localidades do norte de Minas Gerais, com cinco épocas de semeaduras a partir da segunda quinzena de outubro, Albuquerque e Mendes (2011), encontraram os maiores valores de matéria seca na primeira quinzena de novembro para a maioria dos sorgos forrageiros avaliados.

Em estudo de oito épocas de semeadura em espaços quinzenais, iniciados na primeira quinzena de outubro no município de Viçosa-MG, Silva et al. (2005) avaliando a matéria verde e seca, observaram que as cultivares

forageiras e a cultivar sacarina BR 501 apresentaram sensibilidade ao fotoperíodo em sementeiras no verão a partir de janeiro; já as cultivares granífera, corte e pastejo, sacarino BR 506 e de duplo propósito para forragem e grãos, mostraram insensibilidade ao fotoperíodo, não variando significativamente a produção com o atraso da sementeira no verão.

Em sementeira tardia com o sorgo sacarino, na primeira quinzena de janeiro (13/01) no município de Jundiaí-SP, Teixeira et al. (1999) observaram que o rendimento de massa verde e o teor de açúcares dos colmos reduziram consideravelmente em relação ao resultado obtido em experimentos instalados em dezembro. Nas mesmas épocas de sementeira deste trabalho (dezembro e janeiro), também foram observadas redução nos rendimentos de matéria verde e seca, na medida em que se atrasou a época de sementeira para o mês de janeiro.

Pode-se inferir que as produções de matéria verde e seca, encontram-se intimamente relacionada com o desenvolvimento vegetativo da planta. Antecipar ou postergar muito a época de sementeira poder influenciar negativamente tanto na produção de matéria verde e seca, como na produção de grãos. 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 da panícula. Assim, a época de corte das plantas pode afetar tanto a produção de massa como a de caldo do colmo.

Para a altura de plantas, observou-se queda linear com a postergação da época de sementeira, com tendência quadrática de acordo com a equação, sendo que o coeficiente de determinação, explica 92 e 86% da variação da matéria verde em função das épocas de sementeira, para o sorgo sacarino BRS 506 e sorgo forrageiro BRS 610, respectivamente (Figura 4). Para essa característica a cultivar sacarina BRS 506 apresentou independente da época de sementeira os maiores valores em relação ao sorgo forrageiro BRS 610.

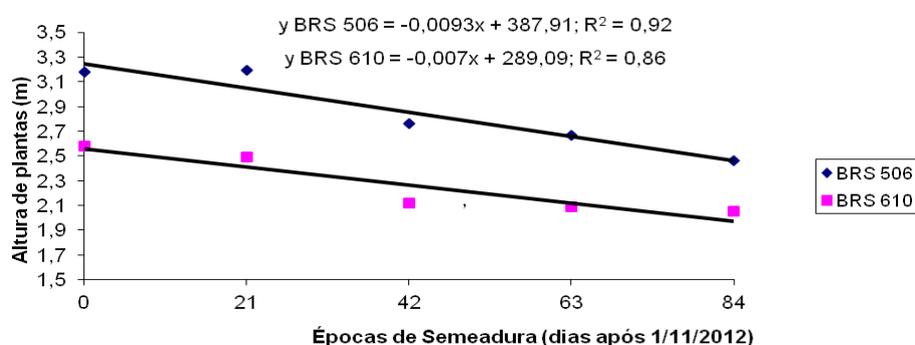


Figura 4 Altura de plantas em função das cinco épocas de semeadura, expressa em metros. 2013.

A altura de plantas é altamente influenciada pelo fotoperíodo, à medida que aumenta o número de horas de luz, conseqüentemente aumenta a temperatura média diária, encurtando o ciclo, diminuindo o espaço dos entre-nós do colmo, desfavorecendo esta característica que é altamente influenciada pelo ambiente (PINHO; VASCONCELOS, 2002). De acordo com Albuquerque et al. (2012), a quantidade de nós na planta, que é determinada pelos genes da maturação e sua reação ao fotoperíodo. Outro fator a se considerar foi o da ocorrência de verânicos durante o desenvolvimento da cultura nas épocas de semeadura. A partir da etapa de crescimento 2 (30 dias após a emergência), vários processos de crescimento, se afetados, podem comprometer o rendimento do sorgo.

Segundo Magalhães, Durães e Rodrigues (2008), o estresse hídrico inibe o crescimento das plantas de sorgo, devido a menor expansão celular provocada pela falta de fotoassimilados nos tecidos vegetais. Observa-se que na região de Lavras-MG, as melhores épocas de semeadura que propiciam o maior desenvolvimento avaliado pelas características agrônômicas para os sorgos forrageiros e sacarinos, estão nas semeaduras durante o mês de novembro.

Para o volume de caldo, constataram-se diferenças significativas para as fontes de variação populações de plantas e épocas de semeadura. Já para o Brix, foram constatadas diferenças significativas, para as épocas de semeadura e épocas de corte e ainda foram observadas interações significativas entre as épocas de semeadura e épocas de corte e populações de plantas e cultivares. As toneladas de brix por hectare (TBH) variaram para todas as fontes de variação e ainda apresentou interações significativas entre as épocas de semeadura e épocas de corte e populações de plantas e cultivares (Tabela 3).

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta envolvendo os cinco experimentos para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	Q.M.		
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	TBH
Blocos/Épocas de Semeadura (B)	16	37351842*	0,82	1013713**
Épocas de Semeadura (S)	4	91929775 **	1,71*	18319563**
Populações de plantas (P)	1	146285154**	0,29	4304131**
Épocas de Corte (C)	1	41358275	364,04**	23618628**
S*P	4	14302346	0,09	294296
Erro a	4	24606588	0,50	419765
S*C	4	11626626	1,97*	1274661**
P*C	4	7284493	5,56**	1495484*
C*P*S	4	29077644	1,37	549452
Erro b	56	18165143	0,54	324717
Média Geral		16402,88	16,28	2950,04
CV a (%)		30,24	4,34	21,96
CV b (%)		25,98	4,51	19,31

*** significativo aos 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De acordo com os resultados médios para o volume de caldo, verifica-se que a época de corte aos 20 DAF não diferenciou significativamente quanto ao volume de caldo obtido na maturidade fisiológica aos 40 DAF (Tabela 4). Já para o teor de sólidos solúveis totais (°brix), o atraso na época de corte para a maturidade aos 40 DAF, propiciou incremento nessa característica, beneficiando a produtividade de etanol. Analisando o caldo sacarino em diferentes épocas de corte, Teixeira et al. (1999), também encontrou os maiores teores de sólidos solúveis no estágio da maturidade fisiológica. Quanto às toneladas de brix por hectare (TBH), a época de corte aos 20 DAF foi superior aos 40 DAF.

Tabela 4 Resultados médios para volume (Vol.), teor de sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas de °brix por hectare (TBH), considerando as épocas de cortes das plantas.

Épocas de corte	Vol. (L ha⁻¹)	°brix	TBH
20 dias após o Florescimento	17046,00 a	14,37 b	3,44 a
Maturidade	15759,76 a	18,18 a	2,46 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, aos 5% de probabilidade.

Quanto aos resultados médios para volume, teor de sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas de °brix por hectare (TBH), considerando as populações de plantas de plantas, constata-se o incremento no volume de caldo e nas toneladas de °brix por hectare, beneficiando a produtividade de etanol com o aumento das populações de plantas (Tabela 5). Esses resultados corroboram com os obtidos por vários autores em trabalhos com populações do sorgo sacarino (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012), onde as maiores produções de massa do caldo ocorreram nas maiores populações.

Tabela 5 Resultados médios para volume (Vol.), teor de sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas de °brix por hectare (TBH), considerando as populações de plantas.

Populações (mil plantas)	Vol. (kg ha ⁻¹)	°brix	TBH
100	15193,40 b	16,35 a	2,74 b
130	17612,36 a	16,21 a	3,16 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, aos 5% de probabilidade.

Considerando as diferentes épocas de semeadura, para o volume de caldo, houve redução linear, com o decorrer das datas da semeadura; a cada 1 dia de atraso na semeadura a partir da data base de 01 de novembro, ocorreu uma redução média de 57,32 l ha⁻¹, sendo ainda, que o coeficiente de determinação explica 81% da variação dos dados nas diferentes épocas de semeadura (Figura 5). Essa redução ocorreu devido a maior possibilidade de ocorrência de verânicos durante o ciclo com o avanço da época de semeadura. Vale ressaltar que características, que possuem alta correlação entre si, como a matéria verde e volume de caldo, são altamente influenciados pelas condições edafo-climáticas.

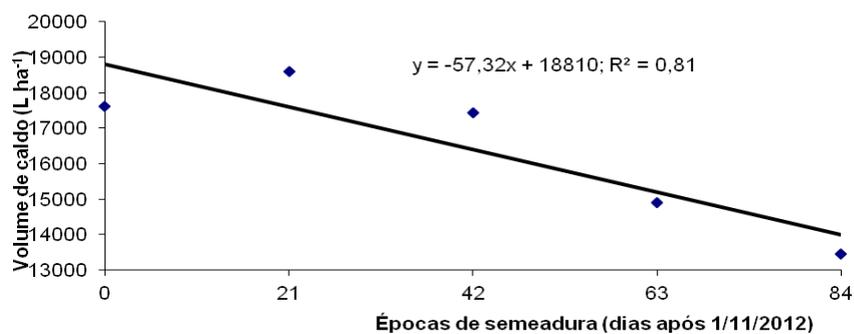


Figura 5 Volume de caldo em função das cinco épocas de semeadura, expresso em Litros ha⁻¹.

O °brix apresentou relação linear com o atraso das épocas de semeadura e interagiu com a época de corte, sendo que seus valores dependem da época de

corte avaliada, com um ligeiro aumento no decorrer das épocas de semeadura (Figura 6). Os maiores valores de °brix foram encontrados aos 40 DAF na maturidade, corroborando com os resultados obtidos por Teixeira et al., 1999.

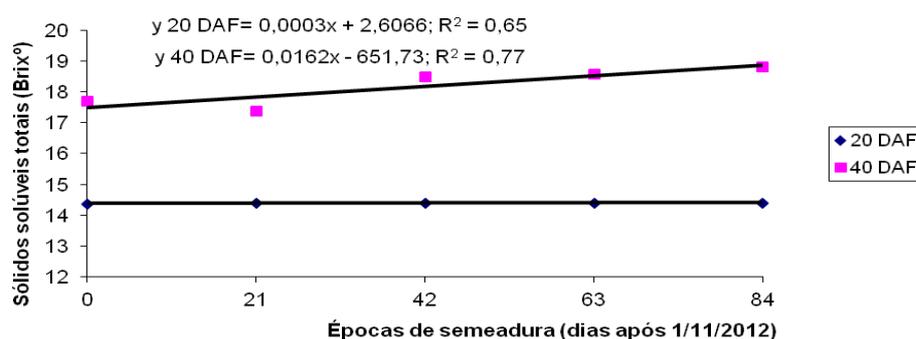


Figura 6 Sólidos Solúveis Totais (brix) em função das cinco épocas de semeadura, expresso em °brix.

Considerando o desdobramento das populações de plantas nas épocas de cortes das plantas, podemos inferir que a população de 100 mil plantas ha^{-1} , apresentou os maiores teores de °brix na época de corte aos 20 DAF e com o avanço na época de corte para a maturidade fisiológica, aos 40 DAF, não houve diferenças nos teores de °brix (Tabela 6).

Tabela 6 Resultados médios o teor de sólidos solúveis totais (°brix), considerando o desdobramento populações dentro de épocas de cortes das plantas, expressos em °brix.

Épocas de corte:	Populações de Plantas	
	100 mil plantas ha^{-1}	130 mil plantas ha^{-1}
20 dias após o Florescimento	14,68 Ab	14,06 Bb
40 dias após o Florescimento	18,02 Aa	18,35 Aa

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, aos 5% de probabilidade.

Para a característica toneladas de brix por hectare (TBH), houve interação com as épocas de corte, sendo que os seus valores dependem da época de corte avaliada, observou-se tendência quadrática de acordo com as equações de regressão, sendo que os coeficientes de determinação, explicaram 81 e 80% da variação de TBH para as épocas de corte aos 20 e 40 DAF, respectivamente. A época de corte realizada aos 20 DAF apresentou os maiores valores de TBH em relação à época 40 DAF (Figura 7).

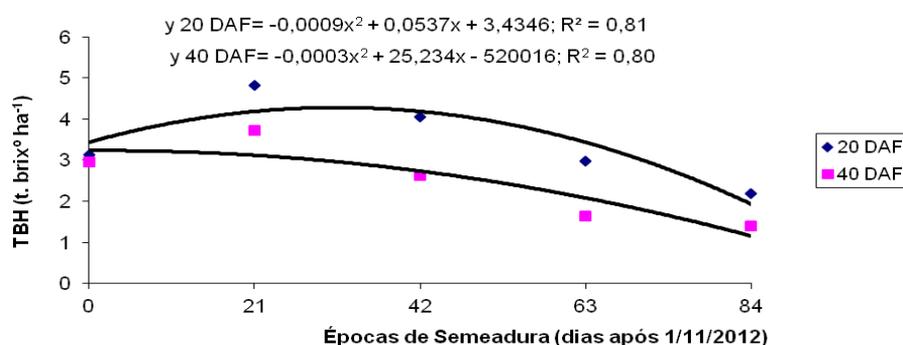


Figura 7 Toneladas de brix por hectare (TBH) em função das épocas de semeadura, expresso em toneladas de brix por hectare.

À medida que a planta floresce e se desenvolve, as épocas de corte exercem alta influência nessa característica, além do aumento da massa verde da planta, colmo e do volume de caldo até o máximo aos 20 DAF. Assim por volta dos 20 DAF e antes da maturidade fisiológica, aos 40 DAF, pode se iniciar a colheita do sorgo sacarino visando os maiores valores de TBH e conseqüentemente uma maior produção de etanol por hectare. Observam-se os valores de ponto máximo de toneladas de brix por hectare (TBH) das duas épocas de corte, ficou situado na época de semeadura realizada em 22 de novembro, sendo que nesta época de semeadura obtiveram valores superiores as outras. Isso ocorreu devido a menor possibilidade de ocorrência de verânicos

durante o ciclo da cultura, em relação às outras datas de semeadura, temperatura, precipitação e fotoperíodo favoráveis à cultura do sorgo sacarino.

Considerando o desdobramento significativo das populações nas épocas de cortes das plantas, podemos inferir que para as populações 100 e 130 mil plantas ha⁻¹, os maiores teores de toneladas de brix por hectare ocorreram na época de corte aos 20 DAF, favorecendo a produtividade de etanol. Com o avanço na época de corte para a maturidade fisiológica aos 40 DAF, ocorrem os menores teores de toneladas de brix por hectare, independente da população de plantas, desfavorecendo diretamente a produtividade de etanol (Tabela 7).

Tabela 7 Resultados médios de Toneladas de brix por hectare (TBH), considerando o desdobramento populações: épocas de cortes das plantas, expressos em toneladas de brix por hectare.

Épocas de corte:	Populações de Plantas	
	100 mil plantas ha ⁻¹	130 mil plantas ha ⁻¹
20 dias após o Florescimento	3,11 Aa	3,76 Ba
40 dias após o Florescimento	2,38 Bb	2,55 Ab

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, aos 5% de probabilidade.

Para as características industriais avaliadas, o intervalo de 21 dias entre as épocas de semeadura, foi o suficiente para gerar diferenças significativas em função das épocas de corte para todas essas características industriais. Quanto às populações de plantas avaliadas, somente para o volume e toneladas de brix por hectare (TBH), houve diferenças significativas, ou seja, os maiores valores dessas características foram obtidos nas maiores populações de plantas, devido ao menor perfilhamento, que favorece o maior volume de caldo e TBH no colmo principal. As épocas de corte das plantas influenciaram o teor de brix, sendo que o maior valor obtido foi aos 40 DAF e as TBH favorecidas aos 20 DAF. Para o

brix e TBH, os valores dependeram da interação entre as épocas corte com as diferentes épocas de semeadura.

4 CONCLUSÕES

As características agronômicas são influenciadas pelas cultivares, populações de plantas e épocas de semeadura. A cultivar sacarina BRS 506 e a maior população de plantas proporciona os maiores valores de matéria verde e seca. A semeadura realizada em 22 de novembro aos 21 dias após a data base (1/11) foi diferenciado para as cultivares e propicia incrementos nas características agronômicas.

A maioria das características industriais é influenciada pelas épocas de semeadura, populações e épocas de corte das plantas. O aumento das populações de plantas no sorgo sacarino propicia o maior volume de caldo e toneladas de brix ha⁻¹. O atraso na época de corte propicia os maiores valores de °brix e os menores valores de volume de caldo e toneladas de brix ha⁻¹.

A semeadura realizada em 22 de novembro aos 21 dias após a data base (1/11) na época de corte aos 20 DAF e na população de 130 mil plantas ha⁻¹ propiciou os maiores incrementos na maioria das características industriais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 278-285, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Composição da matéria seca do sorgo forrageiro em diferentes arranjos de plantas no semiárido de Minas Gerais. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, p. 105-118, 2009.

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. 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.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENDES, M. C. Época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 116-134, 2011.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Clima: cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 4. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Ecofisiologia: cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

MAY, A. et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012.

NEUMANN, M. et al. Resposta econômica da terminação de novilhos em confinamento, alimentados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 123-133, 2004.

PARIZ, C. M. et al. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1392-1400, 2011.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] em diferentes populações de plantas 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. von et al. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.

PINHO, R. G. von et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

PINHO, R. G. von; VASCONCELOS, R. **Cultura do sorgo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2002. 80 p. (Textos Acadêmicos).

RIBEIRO FILHO, N. M. et al. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a Produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 30-39, 2008.

SOUZA, C. C. de et al. **Produtividade do sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar**. 2005. 52 p.

SILVA, A. G. et al. Avaliação dos caracteres agrônômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 2844, 2005.

SILVA, A. G.; ROCHA, V. S. Avaliação dos estágios fenológicos de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 113-121, 2006.

TEIXEIRA, C. G. et al. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999.

RATNAVATHI, C. V. et al. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Karnataka Journal Agricultural Science**, v. 34, p. 947-952, 2010.

APÊNDICES

Tabela 1A Resumo da análise de variância da primeira época de semeadura para as características de matéria seca (MS), matéria verde (MV) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	4	288639077,43	32729943,57	0,0455
Cultivares (C)	1	323342281,94	2158836,34	1,7701**
Populações de plantas (D)	1	88549365,28	2491685,82	0,0006
C*D	(1)	131328637,50	25928882,36	0,0684
Resíduo	12	201039898,72	16168505,49	0,0180
Média Geral		57270,95	16392,14	2,88
CV(%)		24,76	24,53	4,65

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 2A Resumo da análise de variância da primeira época de semeadura para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	QM		
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	TBH
Blocos	4	14762216,07	0,87	0,00541
Épocas de Corte (C)	1	8125575,20	51,20**	0,43218**
Populações de plantas (D)	1	1936908,80	0,20	0,00008
C*D	(1)	39267228,80	0,00 ⁺⁰	0,00128
Resíduo	12	11587082,97	0,44	0,00403
Média Geral		17612,60	16,10	5,46
CV(%)		19,33	4,15	1,36

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 3A Resumo da análise de variância da segunda época de semeadura para as características de matéria seca (MS), matéria verde (MV) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	4	296661770,87	22821443,92	0,036
Cultivares (C)	1	112817250,05	108351176,58*	2,457**
Populações de plantas (D)	1	105051528,45	22991184,61	0,004
C*D	(1)	31252500,05	3603410,72	0,023
Resíduo	12	254014534,80	17152356,68	0,042
Média Geral		78416,75	20084,50	2,84
CV(%)		20,32	20,63	7,26

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 4A Resumo da análise de variância da segunda época de semeadura para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	QM		
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	TBH
Blocos	4	25723461,05	2,46	0,001
Épocas de Corte (C)	1	49637703,20	47,12**	0,752**
Populações de plantas (D)	1	5118696,20	0,02	0,002
C*D	(1)	5905671,20	4,32	0,001
Resíduo	12	31639521,61	0,65	0,005
Média Geral		18612,30	15,83	5,41
CV(%)		30,22	5,11	1,37

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 5A Resumo da análise de variância da terceira época de semeadura para as características de matéria seca (MS), matéria verde (MV) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	4	585226059,12*	26135503,67	0,184
Cultivares (C)	1	500010000,05*	74874438,33**	1,479**
Populações de plantas (D)	1	390153611,25	30296388,16	0,027
C*D	(1)	397555528,05*	21181347,84	0,006
Resíduo	12	76121883,15	6886135,66	0,028
Média Geral		61541,75	15007,50	2,38
CV(%)		14,18	17,49	7,06

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 6A Resumo da análise de variância da terceira época de semeadura para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (%brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	Q. M.		
		Vol. (L ha ⁻¹)	%brix	TBH
Blocos	4	102995607,82	1,94	0,006
Épocas de Corte (C)	1	10350727,20	94,17**	0,531
Populações de plantas (D)	1	66386392,20	0,20	0,009
C*D	(1)	5658352,20	6,05	0,014
Resíduo	12	19503585,32	0,65	0,006
Média Geral		17434,40	16,32	5,63
CV(%)		25,13	4,44	1,48

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 7A Resumo da análise de variância da quarta época de semeadura para as características de matéria seca (MS), matéria verde (MV) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	4	98403805,57	1624941,76	0,009
Cultivares (C)	1	1,13 ^{+9**}	81157355,84**	2,332**
Populações de plantas (D)	1	900066028,05**	46829322,68**	0,088*
C*D	(1)	868194,45	191707,78	0,009
Resíduo	12	35904083,44	2215054,72	0,014
Média Geral		43208,35	10862,19	2,43
CV(%)		13,87	13,70	5,03

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 8A Resumo da análise de variância da quarta época de semeadura para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	QM		
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	TBH
Blocos	4	9096587,87	0,158	0,004
Épocas de Corte (C)	1	13778000,00	82,418**	1,021**
Populações de plantas (D)	1	105193671,20*	0,098	0,008
C*D	(1)	38088000,00	0,002	0,032
Resíduo	12	15165935,27	0,261	0,008
Média Geral		14910,00	16,55	5,48
CV(%)		26,12	3,09	1,63

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 9A Resumo da análise de variância da quinta época de semeadura para as características de matéria seca (MS), matéria verde (MV) e altura de plantas (AP).

	GL	Q. M.		
		MV(kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)
Blocos	4	12955416,70	866285,19	0,0168
Cultivares (C)	1	187572000,05**	11624465,28**	0,8862
Populações de plantas (D)	1	19170778,05	573994,96	0,0328*
C*D	(1)	36674444,45	1249000,20	0,0002
Resíduo	12	18273310,26	1082410,95	0,0064
Média Geral		33645,85	8583,35	2,25
CV(%)		12,71	12,12	3,57

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade

Tabela 10A Resumo da análise de variância da quinta época de semeadura para as características de volume (Vol.), sólidos solúveis totais (°brix) e toneladas brix por hectare (TBH).

	GL	QM		
		Vol. (L ha ⁻¹)	°brix	TBH
Blocos	4	18619824,20	1,82	0,0086
Épocas de Corte (C)	1	5975431,20	96,80**	0,1411**
Populações de plantas (D)	1	24864500,00	0,80	0,0009
C*D	(1)	34673977,80	0,80	0,0003
Resíduo	12	15076444,33	0,92	0,0036
Média Geral		13445,10	16,60	1,10
CV(%)		28,28	5,79	5,46

*,** teste F significativo aos 5% ou a 1% de probabilidade