

**ARRANJO DE PLANTAS DE SORGO PARA A
REGIÃO DO SEMIÁRIDO DE MINAS
GERAIS**

CARLOS JULIANO BRANT ALBUQUERQUE

2009

CARLOS JULIANO BRANT ALBUQUERQUE

**ARRANJO DE PLANTAS DE SORGO PARA A REGIÃO DO
SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Doutorado em
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a
obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Albuquerque, Carlos Juliano Brant.

Arranjo de plantas de sorgo para a região do semiárido de Minas Gerais / Carlos Juliano Brant Albuquerque. – Lavras : UFLA, 2009.
125 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Bibliografia.

1. *Sorghum bicolor* L. Moench. 2. Espaçamento. 3. Densidade.
4. Semiárido. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.581

BIOGRAFIA

CARLOS JULIANO BRANT ALBUQUERQUE, filho de Maria de Lourdes Brant de Albuquerque e João Carlos de Albuquerque, nasceu em Montes Claros, Minas Gerais, em 04 de novembro de 1977.

Em julho de 2002 graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros no campus avançado de Janaúba, MG.

De 2003 a 2004, administrou e prestou assistência técnica a propriedades agrícolas no Norte de Minas Gerais.

Em março de 2004 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Fitotecnia) no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Lavras como Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Por meio da mudança de nível (Bolsista CAPES) ingressou no Doutorado em Agronomia (Fitotecnia) no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Lavras em Julho de 2005.

Em dezembro de 2005 obteve o título de MESTRE em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras.

Em Setembro de 2006 ingressou como Pesquisador por meio de concurso público na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Em março de 2009 obteve o título de DOUTOR em Agronomia (Fitotecnia) no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Lavras.

A todos meus familiares

OFEREÇO!

A minha mãe Maria de Lourdes Brant de Albuquerque (in memorian)

Aos meus avós “Viló Brant” (in memorian) e

Nadir Caldeira Brant (in memorian)

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo direcionamento dos meus caminhos, força e tranquilidade nos momentos de superação.

Aos meus familiares pela confiança, incentivo e amor.

A Renata da Silva Brant pelo amor, carinho e incentivo.

Ao professor Dr. Renzo Garcia Von Pinho pela orientação, amizade e valiosa oportunidade.

Aos pesquisadores, técnicos e demais funcionários da EPAMIG (Unidade Regional do Norte de Minas Gerais) pela grandiosa convivência, amizade e apoio para conclusão do curso.

Aos pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, na pessoa do Dr. José Avelino Santos pela amizade e ensinamentos repassados.

A todos professores do Departamento de Agricultura da UFLA, na pessoa da Dr^a. Édila Vilela de Resende Von Pinho pelo exemplo de pesquisadora, profissionalismo e dedicação aos alunos.

Aos professores da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), pela formação acadêmica.

As Empresas Dow AgroSciences, Embrapa/CNPMS e Santa Helena Sementes pelo fornecimento dos materiais genéticos.

Às secretárias do curso de pós-graduação em Fitotecnia (Agronomia) Marli e Neuzy pela disposição e alegria no atendimento dos alunos da Pós-Graduação do Departamento de Agricultura.

Aos estagiários da EPAMIG Gilson, Renata, Karem, Renato e João Paulo pelo apoio na condução dos trabalhos de campo e laboratório.

Aos amigos do tempo de república Pedro, Paulo, Pira, Foguinho e Ramilo pela amizade e convivência.

Aos amigos do Grupo do Milho André Brito, Ivan, Mococa, Zé Luiz, Marcinho, Goianinho, Denão, Ariel, Cassiano, Thomas, Edmir e demais integrantes.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação Marcelinho, Cristóvão, Parrela Fábio, Dedé, Flávia, Bus, Sirlei, Louise, Paulo, Vanisse, Kênia, Daniel, Igor, Lucrécio e Zezinho pela amizade e momentos em Lavras.

A todos que não citei, mas que fizeram parte desta conquista.

Meu Eterno Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1: Arranjo de plantas de sorgo para região do semiárido de Minas Gerais	1
1 Introdução Geral	1
2 Referencial Teórico	4
2.1 A cultura do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	4
2.2 Cultivares de sorgo para a produção de silagem	5
2.3 Cultivares de sorgo para a produção de grãos	8
2.4 Arranjo de plantas	10
3 Referências Bibliográficas	13
CAPÍTULO 2: Espaçamento e densidade de semeadura para o sorgo granífero no semiárido de Minas Gerais	18
1 Resumo	18
2 Abstract	19
3 Introdução	20
4 Material e Métodos	22
4.1 Caracterização da área experimental	22
4.2 Material genético	24
4.3 Instalação e condução dos experimentos	25
4.4 Características avaliadas	26
4.4.1 Altura de planta (m)	26
4.4.2 Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)	26
4.4.3 Produtividade de panículas (t ha ⁻¹)	27

4.4.4 Florescimento.....	27
4.5 Análises dos dados.....	27
5 Resultados e Discussão.....	28
5.1 Altura de plantas.....	28
5.2 Produtividade de grãos.....	30
5.3 Florescimento.....	45
5.4 Produtividade de panículas.....	48
6 Conclusões.....	54
7 Referências Bibliográficas.....	55
CAPÍTULO 3: Espaçamento e densidade de semeadura para o sorgo forrageiro no semiárido de Minas Gerais.....	58
1 Resumo.....	58
2 Abstract.....	59
3 Introdução.....	60
4 Material e Métodos.....	62
4.1 Caracterização da área experimental.....	62
4.2 Material genético.....	64
4.3 Instalação e condução dos experimentos.....	65
4.4 Características avaliadas.....	67
4.4.1 Altura de planta (m).....	67
4.4.2 Plantas acamadas e quebradas (%).....	67
4.4.3 Produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$).....	67
4.4.4 Porcentagem de colmo, folha e panículas na matéria seca (%).....	67
4.4.5 Porcentagem de proteína bruta (PB).....	68
4.4.6 Porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN).....	68
4.4.7 Porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA).....	68
4.5 Análises dos dados.....	68
5 Resultados e Discussão.....	70

5.1 Altura de plantas	70
5.2 Plantas acamadas e quebradas	73
5.2 Produtividade de matéria seca	78
5.4 Porcentagens de colmo, folha e panícula na matéria seca	84
5.5 Proteína bruta.....	94
5.6 Fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN).....	96
6 Conclusões.....	98
7 Referências Bibliográficas.....	99
ANEXOS	104

RESUMO GERAL

ALBUQUERQUE, Carlos Juliano Brant. **Arranjo de plantas de sorgo para a região do semiárido de Minas Gerais**. 2009. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O trabalho foi realizado durante os anos agrícolas 2006/07 e 2007/08, na região norte do estado de Minas Gerais, com o objetivo de avaliar três densidades de plantas e três espaçamentos de cultivares de sorgo na condição climática do semiárido. Para isso, foram conduzidos dois trabalhos distintos, com quatro cultivares de sorgo granífero e quatro cultivares de sorgo forrageiro. Em cada ano foram instalados experimentos em áreas contíguas, adotando-se, respectivamente, os espaçamentos entre linhas de 50 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento, foram avaliadas três densidades de semeadura, 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas ha⁻¹, além das cultivares de sorgo. Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três densidades de semeadura. Os dados obtidos foram submetidos, inicialmente, a uma análise de variância individual. Posteriormente, foi realizada uma análise da variância conjunta envolvendo os três experimentos em cada ano e outra considerando simultaneamente todos os experimentos conduzidos. O potencial para cultivo do sorgo granífero e forrageiro no semiárido de Minas Gerais foi observado nos trabalhos. Para o sorgo granífero a redução dos espaçamentos entre fileiras promove incrementos na produtividade de grãos e o aumento da população depende da cultivar, do espaçamento adotado e das condições climáticas prevalentes no ano agrícola considerado. Já para o sorgo forrageiro a viabilidade da redução do espaçamento entre fileiras vai depender da cultivar em função da condição climática. O aumento da densidade de semeadura proporciona redução na produtividade de matéria seca e maior acamamento de plantas.

* Orientador: Renzo Garcia Von Pinho - UFLA.

GENERAL ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Carlos Juliano Brant. **Arranging of sorghum plants for Minas Gerais semiarid**. 2009. 125 p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil. *

The work was performed during 2006/07 and 2007/08 agricultural years on North of Minas Gerais state, Brazil, with the objective of evaluate three plants density and three rows spacing of sorghum cultivars in semiarid climatic conditions. For this were conducted two different works with four grain sorghum cultivars and four forage sorghum cultivars. Each year were made experiments on contiguous area, using the row spacing of 50 cm, 70 cm and 90 cm. For each experiment were evaluated three density sowing, 100 thousand, 140 thousand and 180 thousand plants.ha⁻¹ more sorghum cultivars. The experiments were conducted in completely blocks design in factorial 4x3, with three replications, with four cultivars and three sowing density. Initially were made analysis of variance with the data obtained. After were made a joint analysis of variance with three experiments in each year and other considering all data obtained in experiments. The potential for grain and forage sorghum cultivars production on Minas Gerais semiarid was observed in works. For grain sorghum the row spacing reduction promotes increasing in grain productivity and the population increase depends of cultivar, spacing and climatic conditions prevailing in agricultural year. For forage sorghum the feasibility of the row spacing reductions depends of cultivar in function of climatic condition. The sowing density increase causes reduction in dry matter productivity and higher plants lodging.

* Major Professor: Renzo Garcia Von Pinho - UFLA.

CAPÍTULO 1

ARRANJO DE PLANTAS DE SORGO PARA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS

1 INTRODUÇÃO GERAL

A restrição e a irregularidade das precipitações no norte de Minas Gerais são características marcantes, sendo, dessa forma, a região de maior grau de aridez do Estado. Reportando-se à agropecuária, esta exerce grande influência na economia desta região que possui, aproximadamente, 2,9 milhões de cabeças de bovinos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009). A condição climática limita a produtividade potencial do milho sequeiro, proporcionando aumento da área cultivada com o sorgo para alimentação de bovinos, ovinos e caprinos.

O sorgo é altamente tolerante aos veranicos e às temperaturas elevadas, podendo substituir o milho na forma de rações concentradas, mistura múltipla proteinada ou forrageira armazenada em silos.

Alguns trabalhos realizados na década de 1970 já demonstravam a viabilidade técnica do cultivo do sorgo para a produção de grãos e silagem na região norte do estado de Minas Gerais (Moreira et al., 1977a; Borgonove et al., 1979; Moreira et al., 1977b; Azevedo et al., 1977). Entretanto, pesquisas recentes envolvendo o manejo e tratos culturais com os novos materiais genéticos disponíveis no mercado são escassos, buscando-se, muitas vezes, subsídios em resultados de pesquisa de regiões com elevada precipitação ou, até mesmo, de outras culturas, como o milho.

A região norte de Minas Gerais já é uma das principais produtoras de sorgo para a alimentação de bovinos na forma de silagem. Além disso, recentemente incentivos para a expansão do sorgo granífero têm sido dados por órgãos federais e estaduais de pesquisa e extensão como forma de diminuir a dependência externa de cereais na região (Waquil & Ramalho, 2006).

Entre as práticas culturais empregadas para a obtenção de maior produção de cereais, a escolha da densidade ideal de semeadura é uma das mais importantes (Almeida et al., 2000). Ao definir o melhor arranjo das plantas na área, a escolha da cultivar deve ser considerada. As cultivares tardias, geralmente, não se beneficiam de maiores densidades (Jones & Johnson, 1997).

Baumhardt & Howell (2006) avaliaram o arranjo de plantas do sorgo em diversas condições de regime hídrico e constataram que a população de plantas não influenciou a produtividade em condição de sequeiro. Já sob irrigação, estes autores relataram incrementos na produtividade de grãos. Ademais, os menores espaçamentos aumentaram a produtividade de grãos em qualquer condição hídrica.

Resultados de pesquisas concluíram que a cultura é altamente influenciada pelas condições ambientais (Jones & Johnson, 1997; Baumhardt & Howell, 2006). Portanto, tornam-se necessários trabalhos regionalizados para melhores recomendações de cultivo.

Visando aumentar a eficiência do manejo adotado com a cultura na região semiárida do estado de Minas Gerais foram realizados experimentos com o sorgo forrageiro e o granífero com os seguintes objetivos:

a) avaliar os efeitos de diferentes espaçamentos entre fileiras na cultura do sorgo;

b) determinar os efeitos de diferentes densidades de plantas na cultura do sorgo;

c) avaliar as interações de cultivares de sorgo semeadas em três espaçamentos entre fileiras e três densidades de plantas;

d) gerar informações sobre as principais características agronômicas de cultivares de sorgo para grãos e sorgo para silagem no semi-árido de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta monoica pertencente à família Poaceae. É uma espécie basicamente autógama, com flores perfeitas e taxa de polinização cruzada em torno de 5% que ocorre, principalmente, pelo vento. Sua origem é, provavelmente, na África Central, na região da Etiópia e Sudão, entre 5 a 7 mil anos atrás ou mais, de onde se propagou por vários países, levado por nativos que migravam. O testemunho histórico mais antigo aparece em uma escultura no palácio de Sena Querib, em Nínive, Assíria, 700 a.C. (Pinho & Vasconcelos, 2002).

É uma das culturas mais importantes do mundo agrícola sendo o quinto cereal mais cultivado, vindo depois do trigo, arroz, milho e cevada e constitui a maior fonte de alimento e de rações na África, Oriente e Oriente Médio, especialmente na Nigéria, Etiópia e Índia (Souza et al., 2005).

O sorgo tornou-se uma cultura de grande importância em vários Estados do Oeste dos EUA, principalmente após o descobrimento, por Stephens e Holland, em 1952, da machoesterilidade citoplasmática, que possibilitou o aproveitamento da heterose para a produção comercial de sementes híbridas (Santos, et al., 2005). Após longo período de adaptação da cultura, várias experiências e trabalhos de melhoramento foram realizados visando atender às novas modalidades de utilização e diferentes métodos culturais. Dessa forma, foi nos EUA que, por meio do melhoramento genético de cultivares antigas, se chegou aos diferentes tipos cultivados hoje (Pinho & Vasconcelos, 2002).

Os grãos do sorgo são úteis na alimentação humana, rações para bovinos, peixes, aves, produção de farinha para panificação, de amido industrial e de

álcool e a planta pode ser utilizada também como forragem ou cobertura de solo (Rodrigues & Santos, 2007).

Devido à sua capacidade de adaptação, tolerância a temperaturas elevadas e também por possuir características xerófilas, seu cultivo apresenta grande potencial em regiões com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão. Esse diferencial é importante em sistemas de produção em regiões semiáridas que não disponham de irrigação (Oliveira et al., 2002) e com precipitação inferior a 600 mm anuais (Santos, 2003).

Isso é possível porque o sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento, quando a água se torna disponível (Masojidek et al., 1991; Magalhães & Durães, 2003). Além disso, logo após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse. Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados pouco utilizados no período de estresse, que ficam disponíveis para estimular o crescimento, quando a água se torna novamente disponível (Donatelli et al., 1992).

Outra característica que favorece a maior eficiência na absorção da água do solo e a tolerância à seca é o sistema radicular profundo e ramificado da planta. Quando comparado ao milho, o sorgo é mais tolerante a temperaturas altas e menos tolerante a temperaturas baixas. A temperatura baixa afeta o desenvolvimento da panícula, principalmente por seu efeito sobre a esterilidade das espiguetas (Magalhães & Durães, 2003).

2.2 Cultivares de sorgo para a produção de silagem

A estacionalidade na produção forrageira e a necessidade de produzir leite e carne durante todo o ano têm levado os pecuaristas a adotarem práticas de conservação de forragens, principalmente na forma de silagem.

O sorgo forrageiro constitui uma opção viável para atender à demanda dos pecuaristas, em razão das suas características bromatológicas que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e consequente conservação desse alimento sob a forma de silagem, pelos teores elevados de proteína bruta em algumas variedades (White et al., 1991) e pelas características agronômicas, como maior tolerância à seca (Cummins, 1981).

As cultivares de sorgos disponíveis para silagem no Brasil são classificadas como forrageiras e de duplo propósito (para a produção de forragem e de grãos).

As cultivares forrageiras têm porte acima de 2,70 metros de altura, o que confere alto potencial de produção de matéria verde, com produtividades variando de 50 a 70 t ha⁻¹ no primeiro corte, já as cultivares de duplo propósito têm porte de 2,0 a 2,30 metros de altura, com produtividade de 40 a 55 t ha⁻¹ no primeiro corte (Miranda & Pereira, 2006).

As plantas de menor porte tendem a aumentar a participação de panículas na matéria seca, o que interfere positivamente no valor nutritivo da silagem (Araújo et al., 2002). Sendo assim, as cultivares de duplo propósito, geralmente, possuem melhor qualidade nutricional, devido à maior participação de grãos na silagem.

As empresas de melhoramento desenvolveram híbridos com bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula, com o objetivo de aliar a boa produtividade de matéria seca e o bom valor nutritivo (Zago, 1991).

Estudos revelam que é possível caracterizar os diferentes híbridos de sorgo para silagem por meio da participação percentual e da composição bromatológica das principais estruturas anatômicas da planta, definindo um perfil médio da planta de sorgo para silagem (Neumann et al., 2003; Gontijo Neto et al., 2004). Avaliando a composição física da planta de diferentes híbridos de sorgo, Neumann et al. (2003) verificaram valores para os

componentes colmos, folhas e panículas de 48,1%, 29,4% e 22,6% no híbrido AGX-213; 49,6%, 25,2% e 25,2% para o AG-2002; 40,2%, 32,7% e 27,1% para o AGX-217 e 26,2%; 28,2% e 45,6% para o AG-2005E.

O rendimento forrageiro do sorgo e o valor nutritivo das cultivares são características que devem ser levadas em consideração na escolha do tipo de sorgo a ser cultivado, porém, tais características são altamente influenciadas pelas condições ambientais da região de cultivo (Portugal et al., 2003).

Ao avaliar características químicas, agronômicas e degradabilidade de cultivares de sorgo para silagem no município de Lavras, MG, Resende (2001) observou valores médios de 28,7% para matéria seca e 6,7% de proteína bruta, fibra em detergente neutro com 50,3%, além de 31,6% para fibra em detergente ácido.

Já Pinho & Vasconcelos (2007) relataram valores de proteína bruta de 8,9% e 8,06%, fibra em detergente neutro de 42,9% e 45,8% e fibra em detergente ácido de 26,2% e 28,6%. Os primeiros valores referem-se ao grupo de sorgo duplo propósito e o segundo, ao grupo de sorgo forrageiro. A silagem de sorgo duplo propósito apresentou valor nutricional superior ao do sorgo forrageiro. Neumann et al. (2002) também observaram maior valor nutritivo e menor produtividade para sorgos duplo propósitos (AGX-217 e AG-2005-E) quando comparados com sorgos forrageiros (AGX-213 e AG-2002).

Plantas de sorgo de porte baixo possuem maior valor nutritivo devido à maior participação de panículas na massa ensilada. Este é o componente da planta de sorgo que define a qualidade da silagem, por apresentar os maiores teores de matéria seca, proteína bruta e digestibilidade *in vivo* da matéria seca e menores teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina mais cinzas, comparado ao conjunto de colmo e folhas (Neumann et al., 2002).

Com relação à fibra, Danley & Vetter (1993) encontraram valores entre

50,4% e 70,0% de fibra em detergente neutro e 29,4% e 50,9% de fibra em detergente ácido na matéria seca da silagem de sorgo.

Ao estudar a produtividade e o valor nutritivo das silagens de sorgo cortados em seis épocas, Fernandes (1978) verificou que a melhor qualidade foi alcançada quando a planta apresentava de 30% a 40% de matéria seca, ou seja, no estágio pastoso a farináceo dos grãos. Entretanto, quando se atrasa a colheita, além de ocorrer perda de qualidade pelo aumento de fibras, cerca de 30% a 50% dos grãos ingeridos são desperdiçados por meio das fezes.

Em relação ao valor nutritivo, Van Soest (1994) afirma que o valor nutritivo das forrageiras é representado pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário. Os parâmetros mais utilizados para a avaliação da composição químico-bromatológica são a proteína bruta (PB), a fibra em detergente neutro (FDN), a fibra em detergente ácido (FDA), a lignina (LG), o extrato etéreo (EE) e as cinzas (Nussio, 1991). Dentre essas características, a FDN e a FDA, por se referirem à fibra, servem também de indicativo da digestibilidade dos materiais.

2.3 Cultivares de sorgo para a produção de grãos

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor*, L. Moench) é considerado o quinto cereal mais importante do mundo, em área cultivada. No Brasil, o sorgo surgiu como uma cultura comercial a partir de 1970, quando as áreas de cultivo foram expandidas. Além disso, esta espécie substituiu o milho em regiões consideradas marginais para este cereal. A partir de 1995, a cultura apresentou grande expansão, com crescimento de 20% ao ano, principalmente em plantios de sucessão a culturas de verão, com destaque para os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e região do Triângulo Mineiro, onde se concentra aproximadamente 85% do sorgo granífero plantado no país (Rodrigues & Santos, 2007).

Um dos fatores que favoreceram a expansão da área de sorgo na região dos cerrados do Centro-Oeste foi a adoção do sistema de plantio direto, com a semeadura de soja na safra de verão e de uma gramínea no outono-inverno, destacando-se o milho, o sorgo granífero e o milheto para a formação de palhada, visando à proteção do solo e à obtenção de renda com a venda de grãos (Tsunechiro et al., 2002).

Os grãos de sorgo apresentam valores nutricionais muito próximos aos do trigo e do milho, com composição média de 70% de carboidratos, 12% de proteína, 3% de gordura, 2% de fibra e 1,5% de cinzas (Ruskin et al., 1996). Os mesmos autores encontraram, ainda, variações de 8,3% a 15,3% nos teores de proteína entre cultivares dos Estados Unidos.

A planta de sorgo granífero possui menor porte para facilitar colheita mecanizada em grandes áreas de cultivo. O sorgo granífero pode ser classificado com alto ou baixo teor de tanino. Esse elemento afeta negativamente o desempenho de aves e suínos. Com vistas a atender ao mercado de grãos, as empresas de sementes desenvolveram híbridos com baixo teor de tanino nos grãos.

É importante enfatizar que o mercado interno de grãos de sorgo, representado na sua totalidade pelas indústrias de rações, demanda grãos sem tanino. Entretanto, a comercialização de sementes de sorgo com tanino, no Brasil, é bastante restrita, sendo somente 4% do sorgo granífero semeado do tipo com tanino (Tsunechiro et al., 2002).

O rendimento dos grãos de sorgo pode ultrapassar as 10 t ha⁻¹ e 7 t ha⁻¹, respectivamente, em condições favoráveis no verão e em plantios de sucessão. Entretanto, as condições em que, predominantemente, o sorgo se desenvolve não possibilitam a expressão de todo o seu potencial, uma vez que a produtividade média alcançada nas lavouras está em torno de 2 t ha⁻¹ (Santos, 2003).

Coelho & Silva (1981) avaliaram a produtividade do granífero em quatorze localidades do Estado de Minas Gerais, durante dois anos agrícolas. A produtividade média dos ensaios foi de 4.435 kg ha⁻¹, tendo os maiores rendimentos sido observados nos municípios de Patos de Minas, Cachoeira Dourada, Janaúba e Jaíba, com valores superiores a 6.000 kg ha⁻¹. Concluíram os autores que, na região Norte de Minas, a cultura do milho possui condições marginais de cultivo em áreas sem possibilidade de irrigação. Sendo assim, o sorgo granífero, devido à sua maior resistência à seca, tem maiores chances de ser cultivado na região.

Na avaliação de cultivares de sorgo na região semiárida de Mossoró, RN, foram verificados rendimentos de grãos variando de 8.885 kg ha⁻¹ para o híbrido DK 865 a 7.278 kg ha⁻¹ para o XPM 5287 (Mariguele & Silva, 2002).

Em experimento no qual foram avaliadas 25 cultivares de sorgo graníferos, no Estado do Rio Grande do Norte, não foi verificada diferença para as características altura de planta, produtividade da panícula e produtividade de grãos. Entretanto, quatro cultivares experimentais se destacaram, com produtividade de grãos entre 5,00 t ha⁻¹ até 6,77 t ha⁻¹ (Lima et al., 2008).

2.4 Arranjo de plantas

O arranjo ideal de plantas é determinado pelo espaçamento entre fileiras e pela quantidade de plantas nas linhas capazes de explorar de maneira mais eficiente os recursos naturais e insumos fornecidos pelo agricultor.

O sorgo é uma das espécies de importância agrícola que apresentam grande potencial de utilização da radiação solar por meio da fotossíntese para a conversão de carbono mineral em carbono orgânico na forma de grãos e de forragens. Em condições não estressantes, a fotossíntese é afetada pela quantidade de luz fotossinteticamente ativa, proporção desta luz interceptada

pela estrutura do dossel e pela distribuição ao longo do dossel (Magalhães & Durães, 2003).

As determinações da melhor densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para diversas situações de manejo da cultura, entre outros fatores, são primordiais para otimizar a produtividade (Berenguer & Faci, 2001; Hammer & Broad, 2003).

No Texas, EUA, Stlchler et al. (1997) observaram, em área irrigada, incrementos na produtividade de grãos de sorgo com a redução do espaçamento entre fileiras de 90 cm para 70 cm e diminuição no rendimento com populações maiores que 15 plantas m². Em condições de sequeiro, Jones & Johnson (1997) demonstraram que melhores data de plantio, população de plantas, variedade e espaçamento entre fileiras de sorgo granífero são interdependentes. Neste trabalho, as cultivares tardias apresentaram redução na produtividade, quando semeadas com altas populações.

Ao avaliar o arranjo de plantas do sorgo granífero em condição de sequeiro e sob duas laminas de irrigação (2,5 mm d⁻¹ e 5,0 mm d⁻¹), Baumhardt & Howell (2006) constataram que a população de plantas não influenciou a produtividade de grãos em condição de sequeiro e quando submetida até 2,5 mm d⁻¹ de água. Já os menores espaçamentos aumentaram em 7% a produtividade de grãos, considerando as três condições de regime hídrico.

De acordo com pesquisa realizada por Steiner (1986), os menores espaçamentos entre fileiras no cultivo do sorgo proporcionaram maiores incrementos na produtividade de grãos.

Em trabalhos avaliando o perfilhamento de cultivares de sorgo semeado em diferentes arranjos de plantas, foi relatado que as interações entre os menores espaçamentos e maiores densidades proporcionaram menores números de perfilhos (Jones & Johnson, 1997; Baumhardt & Howell, 2006). O perfilhamento de cultivares de sorgo é uma característica afetada pela época de

semeadura, espaçamento, densidade e ciclo da cultura (Baumhardt & Howell, 2006).

Meira et al. (1977) estudaram o arranjo de plantas de sorgo granífero nos municípios de Patos de Minas, Prudente de Morais, Felixlândia e Jaíba e concluíram que houve efeito do espaçamento e da densidade apenas nas duas primeiras localidades. Nas regiões com maior precipitação, verificaram maior tendência para os menores espaçamentos e maiores densidades.

Montagner et al. (2004) afirmam que o sorgo possui compensação de rendimento de grãos quando submetido à redução da população inicial e o componente do rendimento de grãos mais afetado pela diminuição da população inicial é o número de grãos por panícula. Ou seja, altas densidades de semeadura não apresentam vantagens na produção da cultura do sorgo (Berenguer & Faci, 2001; Lopes et al., 2005).

Avaliando diferentes densidades de plantio na cultura do sorgo, Lopes et al. (2005) verificaram competição intraespecífica entre os tratamentos, com a produtividade de grãos por planta sendo superior na menor densidade de semeadura (100 mil plantas ha⁻¹), comparada à maior densidade (220 mil plantas ha⁻¹). E, ao avaliar os espaçamentos de 50 e 80 cm, foi constatada maior produtividade no menor espaçamento.

Diante do exposto, o melhor arranjo de plantas para sorgo varia em função de diversos fatores dos quais podemos citar as condições ambientais do local de cultivo e cultivar utilizada sendo necessário determinar-se, para cada região, o espaçamento e a densidade de semeadura ideal para melhor desempenho dos genótipos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JR., A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIGDOLIN, A.F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 30, n. 1, p.23-29, jan./mar. 2000.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J. A.S.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Avaliação agronômica de três híbridos de sorgo (BR 700, BR 701 e MASSA 03) colhidos em cinco diferentes estádios de maturação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

AZEVEDO, M.W.C.; FONTES, L.A.N.; CARDOSO, A.A.; AMEIDA FILHO, J. Efeito de época de plantio e de níveis de nitrogênio e fósforo, na produção e teor de proteína no grão de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p.153-156.

BAUMHARDT, R.L.; HOWELL, T.A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, n.3, p.462-470, Apr. 2006.

BERENGUER, M.J.; FACI, J.M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.15, n.1, p.43-55, Sept. 2001.

BORGONOVE, R.A.; SCHAFFERT, R.E.; GIACOMINI, S.F.; TREVISAN, W.L. **Resultados dos ensaios nacionais de sorgo granífero –1975/76 e 1976/77**. Sete Lagoas: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo/MBRAPA, 1979. (Boletim de Pesquisa)

COELHO, A.M.; SILVA, B.G. Ensaio Nacional de Sorgo Granífero em Minas Gerais. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 77/79. Belo Horizonte: EPAMIG, 1981. p.71-84.

CUMMINS, D.G. Yield and quality changes with maturity of silage type sorghum fodder. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n.3, p.988-990, May/June 1981.

DANLEY, M.M.; VETTER, R.L. Changes in carbohydrate and nitrogen fractions and digestibility of forages: maturity and ensiling. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.37, n.4, p.994-999, Oct. 1973.

DONATELLI, M.; HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v.32, p.781-786, Nov./Dec.1992.

FERNANDES, W. **Produtividade do sorgo Santa Liza. (Sorghum vulgare, Pers) em seis idades e valor nutritivo das silagens.** 1978. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; CECON, A.C.Q.; ZAGO, C.P.; CANDIDO, M.J.D.; MIRANDA, L.F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1975-1984, nov./dez. 2004.

HAMMER, G.L.; BROAD, I.J. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v.95, n.1, p.199-206, Jan./Feb. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produtividade do sorgo.** Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

JONES, O.R.; JOHNSON, G.L. **Evaluation of a short season. high density production strategy for dryland sorghum.** Texas: USDA-ARS, 1997.

LIMA, J.M.P.; LIRA, M.A.; LIMA, M.L.; CUNHA, E.; LIMA, J.G.A.; OLIVEIRA, J.S.F.; CASTRO, O.P.C.M. competição de híbridos de sorgo granífero na chapada do apodi no estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, PR: IAPAR, 2008.

LOPES, S.J.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.C.; LORENTZ, L.H.; LOVATO, C.; DIAS, V.O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.525-530, jun. 2005.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado técnico, 87)

MARIGUELE, K.H.; SILVA, P.S.L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.15, n.1-2, p.13-18, dez. 2002.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHA, W.L.; ALEXIOU, A.; HALL, D.O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v.96, n.1, p.198-207, jan. 1991.

MEIRA, J.L.; AZEVEDO, J.T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R.E.; MURAD, A.M.; CARVALHO, L.J.C.B. Espaçamento e densidade do sorgo granífero. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p.105-121.

MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R. **Tipos de sorgo para silagem**. Juiz de Fora: Embrapa 2006. (Instrução técnica para o produtor de leite, 51).

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

MOREIRA, J.L.; BARROS, D.G.; FONTES, L.A.N.; REZENDE, J.; ANDRADE, A.M.S.; RAFAEL, J.O.V.; AMARAL, R.; MARTINS, M.J.V.; CARVALHO, L.J.C.B.; AZEVEDO, J.T.; MELLO, J.B.; CARDOSO, A.A.; RIBAS, P.R.; MURAD, A.M.; OLIVEIRA, S.G.; MARIANO, R. Competição de cultivares comerciais de sorgo granífero. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977a. p.3-13.

MOREIRA, J.L.; AZEVEDO, J.T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R.E.; CARDOSO, A.A.; RIBAS, P.R.; MURAD, A.M.; CARVALHO, L.J.C.B. Espaçamento e densidade para sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977b. p.105-152.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NORBERG, L.J.; MELLO, R.O.; PELLEGRINI, G.; SOUZA, A.N.M. Comportamento produtivo e custo de produção de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH) para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.43-54, set./dez. 2003.

NEUMANN, M.J.; RESTLE, D.C.; ALVES FILHO, I.L.; BRODANI, L.G.; PELLEGRINI, G.; FREITAS, A.K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.293-301, jan./fev. 2002. Suplemento.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P. de; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.127-145.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C.D.; PERREIRA, A.V.; BOTREL, M. de A.; PINHO, R.G.V.; RODRIGUES, J.A.S.; LOPES, F.C.F.; MIRANDA, J.E.C. de. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.883-889, mar./abr. 2002. Suplemento.

PINHO, R.G.von.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 2002.

PINHO, R.G.von.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; RESENDE, A.V. Produtividade e qualidade de silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, jul./dez. 2007.

PORTUGAL, A.F.; ROCHA, V.S.; SILVA, A.G. da; PINTO, G.H.F.; PINA FILHO, O.C. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n.289, p.325-336, maio/jun. 2003.

RESENDE, J.A. **Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G. dos (Ed.). **Sistema de produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

RUSKIN, F.R. **Lost crops of Africa: grains**. Washington: National Academic, 1996. 386p.

SANTOS, F.G. **Cultivares de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado Técnico, 77).

SANTOS, F.G.; CASTELA, C.R.; WAQUIL, J.W. Melhoramento do sorgo. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p.605-658.

SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

SOUZA, C.C.; DANTAS, J.P.; SILVA, S.M.; SOUZA, V.C.; ALMEIDA, F.A.; SILVA, L.E. Produtividade do sorgo granífero C.V. Sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.512-517, jul./set. 2005.

STICHLER, C.; CFARLAND, M.M.; COFFMAN, C. Irrigated and dryland grain sorghum production south and southwest Texas. **Bulletin of Texas Agricultural Extension Service**, Texas, v.6048, p. 11, Ago. 1997.

TSUNECHIRO, A.; MARIANO, R.M.; MARTINS, V.A. Produção e preços de sorgo no estado de São Paulo, 1991-2001. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1, p.15-24, jan./abr. 2002.

WAQUIL, J.M.; RAMALHO, J.H. **Incentivo à produção de sorgo no norte de Minas Gerais**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006. 27p. (Documento, 56).

WHITE, J.S.; BOLSEN, K.K.; POSLER, G. Forage sorghum dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.33, n.4, p.312-322, Feb. 1991.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-218.

CAPÍTULO 2

ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE SEMEADURA PARA O SORGO GRANÍFERO NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS

1 RESUMO

A cultura do sorgo tem a possibilidade de solucionar o problema da carência de fonte energética de grãos para as criações em regiões do semiárido, em virtude de sua qualidade nutricional e tolerância ao estresse hídrico. Entretanto, existem poucas informações sobre o manejo cultural do sorgo em regiões com esta característica climática. Devido a isso, com o objetivo de avaliar três densidades de plantas e três espaçamentos de cultivares de sorgo granífero, foram conduzidos experimentos em dois anos agrícolas, na região norte do estado de Minas Gerais. Em cada ano, foram instalados experimentos em áreas contíguas, adotando-se, respectivamente, os espaçamentos entre linhas de 50 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento conduzido, foram avaliadas três densidades de semeadura, 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas.ha⁻¹, além das cultivares de sorgo. Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três densidades de semeadura. Os espaçamentos e as densidades não têm efeito na altura do sorgo granífero. A redução dos espaçamentos entre fileiras promove incrementos na produtividade de grãos e de panículas do sorgo granífero. A viabilidade do aumento da densidade de semeadura depende da cultivar, do espaçamento e das condições climáticas prevalentes no ano agrícola considerado. As cultivares BRS 310 e 1G220 são as mais promissoras para a produção de grãos, independente dos espaçamentos e das densidades avaliadas.

ROW SPACING AND SOWING DENSITY FOR GRAIN SORGHUM IN MINAS GERAIS SEMIARID

2 ABSTRACT

The sorghum cultivation has possibility of solution the problem of energetic sources lack of grain in semiarid regions dues to its nutritional quality and tolerance to hidric stress. However, has few informations about the agricultural management in regions qith this characteristics. Aiming to evaluate three plants density and three row spacing of grain sorghum cultivars in semiarid climatic condition were made experiments in two agricultural years in Minas Gerais North region. Each year was made experiments on contiguous area, using the row spacing of 50 cm, 70 cm and 90 cm. For each experiment were evaluated three sowing density, 100 thousand, 140 thousand and 180 thousand plants.ha⁻¹ more sorghum cultivars. The experiments were conducted in completely blocks design in factorial 4x3, with three replications, with four cultivars and three sowing density. The row spacing and sowing densities hasn't effect in grain sorghum height. The row spacing reduction promotes increasing in grain and panicles productivity of the grain sorghum. The viability in sowing density increasing depends of cultivar, of row spacing and of climatic conditions prevailing in agricultural year. The BRS310 and 1G220 cultivars are more promising for grain production, independent of row spacing and sowing densities.

3 INTRODUÇÃO

A região Norte de Minas Gerais ocupa uma extensão de 120.000 km², correspondendo a 20,7% da área total do Estado de Minas Gerais. Apresenta diversidades físicas bem marcantes, sendo a restrição hídrica acentuada uma característica homogênea, o que a torna a de maior grau de aridez do estado. Essa condição favorece o cultivo do sorgo, pois essa espécie pode substituir o milho na alimentação de ruminantes, aves e suínos em regiões com limitação hídrica e temperaturas elevadas.

Localizado nesta região, o município de Jaíba possui diversas propriedades rurais envolvidas com a pecuária de corte e de leite, tendo no sorgo a principal alternativa para a produção de grãos para o rebanho.

A produtividade média do sorgo no Brasil, no ano de 2007, situou-se em torno dos 2,15 t ha⁻¹ e, no norte de Minas Gerais, ao redor de 1,64 t ha⁻¹ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009). Esse valor pode ser considerado baixo devido a poucas informações sobre tecnologias direcionadas para o semiárido do estado.

A possibilidade do aumento da produtividade do sorgo granífero na referida região proporcionará incremento na renda do agricultor e menor dependência regional de cereais para o alimento das criações. Entretanto, informações sobre o melhor espaçamento entre fileiras e densidade da semeadura das cultivares modernas de sorgo são escassas na região.

É necessário a definição do melhor arranjo de plantas nessas condições, para que a cultura explore com melhor eficiência a radiação solar, os nutrientes do solo e a água, sem promover autocompetição.

Em trabalhos nos quais se avaliou o sorgo granífero semeado em diferentes arranjos de plantas, menores espaçamentos e maiores

densidades proporcionaram maiores incrementos da produtividade de grãos (Meira et al., 1977). Em contrapartida, Baumhardt & Howell (2006) constataram que a população de plantas não influenciou a produtividade de grãos em área de sequeiro e os menores espaçamentos também aumentaram a produtividade de grãos.

O sorgo possui compensação de rendimento de grãos quando submetido à redução aleatória da população inicial, e o componente do rendimento de grãos mais afetado pela redução aleatória da população inicial é o número de grãos por panícula (Montagner et al., 2004).

Objetivou-se, com a realização deste estudo, avaliar quatro cultivares de sorgo submetidas a três diferentes densidades de plantas e três espaçamentos, na condição climática de Jaíba, no norte de Minas Gerais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos, em dois anos agrícolas, em área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08. A área situa-se a 12 km da cidade de Jaíba, MG, nas coordenadas 15°16'20'' S e 43°40'23''W, à altitude de 456 m, em um Latossolo Vermelho Eutrófico. Os solos são originados de rochas com altos teores de cálcio e potássio, conferindo alta soma de bases (SB) e alta saturação de bases (V%). Os resultados das análises dos solos encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Resultados das análises de amostras de solo (0-20 cm de profundidade) da área onde foram conduzidos os experimentos. Dados obtidos no laboratório de fertilidade dos solos da Epamig em Nova Porteirinha, MG.

	Safra 2006/07	Safra 2007/08
pH em H ₂ O	6,8	6,9
H + Al (cmolc/dm ³)	1,3	1,2
Al (cmolc/dm ³)	0,0	0,0
Ca (cmolc/dm ³)	9,3	7,2
Mg (cmolc/dm ³)	1,9	1,4
K (mg/dm ³)	155,0	136
P (mg/dm ³)	3,0	8,1
Zn (mg/dm ³)	5,3	20,7
Fe (mg/dm ³)	46,2	46,7
Mn (mg/dm ³)	130,7	85,9
Cu (mg/dm ³)	0,9	0,9
B (mg/dm ³)	0,9	1,1

...continua...

“TABELA 1, Cont.”

Mat. org. (dag/kg)	3,4	1,9
SB (cmolc/dm ³)	12,4	9,1
T (cmolc/dm ³)	13,6	10,3
t (cmolc/dm ³)	12,4	9,1
V (%)	91,0	88,0
m (%)	0,0	0,0
Características físicas		
Areia (dag/kg)	20	25
Silte (dag/kg)	34	33
Argila (dag/kg)	46	42
Classe textural	Argiloso	Argiloso

O clima é tropical alternadamente seco e úmido, de acordo com a classificação de Köppen (Jacomine et al., 1979). Os dados sobre variações na temperatura e na precipitação média por decêndios, durante a condução dos experimentos, são apresentados nas Figuras 1 e 2.

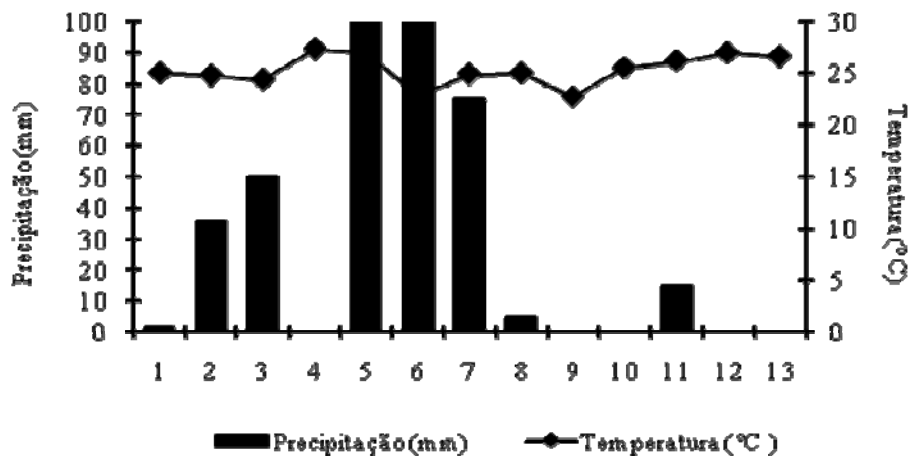


FIGURA 1 Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Jaíba, MG, de 27/12/2006 a 20/04/2007. Dados obtidos na estação meteorológica da Epamig em Jaíba, MG.

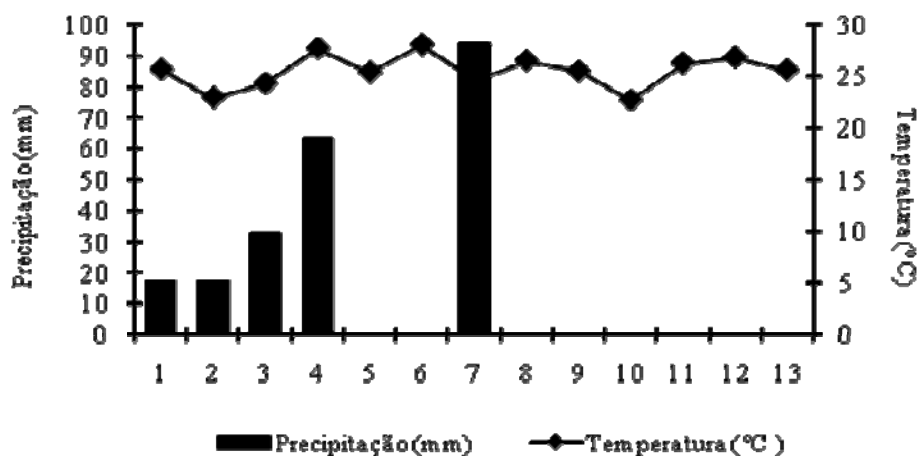


FIGURA 2 Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Jaíba, MG, de 27/12/2007 a 20/04/2008. Dados obtidos na estação meteorológica da Epamig em Jaíba, MG.

4.2 Material genético

Foram utilizadas quatro cultivares de sorgo granífero provenientes de diferentes empresas (Tabela 2). A escolha dessas cultivares se deu devido à sua ampla comercialização local, além da recomendação das empresas para o cultivo na região Norte de Minas Gerais.

TABELA 2 Características das quatro cultivares de sorgo utilizadas nos experimentos

Cultivar	Base genética	Ciclo	Porte	Panícula	Empresa
SHS 400	Simple	Precoce	Médio	Aberta	Santa Helena
1G220	Simple	Precoce	Baixo	Semiaberta	Dow Agrosience
BRS 310	Simple	Precoce	Baixo/Médio	Semiaberta	Embrapa
0992045	Simple	Precoce	Baixo/Médio	Semiaberta	Embrapa

4.3 Instalação e condução dos experimentos

Avaliaram-se duas safras, nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, os quais, de acordo com os dados pluviométricos (Figuras 1 e 2), caracterizaram-se como "ano chuvoso" e "ano seco", respectivamente. Os experimentos foram instalados na segunda quinzena de dezembro, nos dois anos agrícolas, sob sistema de cultivo convencional.

Em cada ano, foram instalados três experimentos em áreas contíguas, adotando-se os espaçamentos entre linhas de 50 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento, foram avaliadas três densidades de semeadura, 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas ha^{-1} , além de quatro cultivares de sorgo granífero.

Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três densidades de semeadura. A parcela experimental foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento e a área útil foi formada pelas duas linhas centrais, onde foram coletados todos os dados experimentais, antes e durante a colheita.

Para todos os experimentos foram utilizados 350 kg ha^{-1} da fórmula 4 (N):30 (P_2O_5):10 (K_2O) mais 0,5% de Zn, com base na análise de solo. Realizou-se apenas uma adubação de cobertura com 60 kg ha^{-1} de K_2O e 80 kg ha^{-1} de N. Para o controle de plantas daninhas foi utilizado, na pós-emergência, o herbicida Gezaprim[®] 500 (atrazine), na dosagem de 3 l ha^{-1} do produto comercial.

A semeadura foi realizada de forma manual, uniformemente em sulcos, tomando-se como base o dobro de plantas necessárias para a obtenção das densidades desejadas. Posteriormente, foi realizado o desbaste, com as plantas apresentando cinco folhas, para atingir a população desejada por metro linear, considerando cada espaçamento entre linhas (Tabela 3).

TABELA 3 Número de plantas por metro linear após o desbaste nos diferentes espaçamentos e densidades

Densidades	Espaçamentos		
	50 cm	70 cm	90 cm
100.000 plantas ha ⁻¹	5	7	9
140.000 plantas ha ⁻¹	7	10	13
180.000 plantas ha ⁻¹	9	13	16

Realizaram-se pulverizações, quando necessário, com o produto Decis 25CE, na dosagem de 200 ml ha⁻¹, por meio de pulverizador costal, para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

As panículas da área útil foram protegidas com sacos de papel Kraft de 10 kg para proteção de pássaros.

4.4 Características avaliadas

4.4.1 Altura de planta (m)

A altura de plantas foi tomada da inserção da panícula superior até o solo, medindo-se, em metros, quatro plantas da área útil por parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

4.4.2 Produtividade de grãos (t ha⁻¹)

Os dados referentes à produtividade de grãos das parcelas, após a debulha, foram corrigidos para a umidade de 13% e transformados para t ha⁻¹ utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = [PC(1-U)/0,87]$$

em que:

P_{13%}: produtividade de grãos (t. ha⁻¹) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC: produtividade de grãos sem a correção;

U: unidade dos grãos observada no momento da colheita.

4.4.3 Produtividade de panículas (t ha⁻¹)

Os dados de produtividade de panículas foram obtidos por meio da pesagem das panículas colhidas na área útil da parcela e da posterior transformação para t ha⁻¹.

4.4.4 Florescimento

O florescimento foi determinado pelo número de dias entre a data de semeadura até o estágio de 50% da antese das panículas, para cada cultivar.

4.5 Análises dos dados

Os dados obtidos foram submetidos, inicialmente, a uma análise de variância individual por experimento. A princípio, foram realizados os testes de aditividade dos dados, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada análise de variância conjunta envolvendo os três experimentos em cada ano e outra, considerando simultaneamente todos os experimentos conduzidos nos dois anos.

Todas as análises, incluindo o estudo de regressão em função dos diferentes espaçamentos e densidades foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2000). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância individuais para cada experimento estão apresentados nos Anexos (Tabelas 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A). Nas Tabelas 7A e 8A encontram-se os resumos das análises conjuntas para cada ano de avaliação e os resumos das análises de variância conjunta, considerando simultaneamente todos os experimentos apresentados nos Anexos, na Tabela 9A.

A seguir, os resultados são apresentados e discutidos considerando a significância das fontes de variação na análise de variância conjunta envolvendo todos os experimentos nos dois anos agrícolas para as características de altura das plantas, produtividade de grãos, florescimento e produtividade de panículas.

5.1 Altura de plantas

Independente do espaçamento entre linhas e da densidade de plantas utilizada, os experimentos conduzidos na safra de 2006/07 proporcionaram maior altura de plantas (Tabela 4). A altura média de plantas obtida em 2006/07, foi de 1,40 m e, no ano seguinte, 1,26 m.

Houve diferenças ($p \leq 0,01$) para o efeito de anos, cultivares e interações anos x cultivares. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação apresentou 5,50% para altura das plantas, sendo este valor considerado baixo (Tabela 9A).

Apenas a cultivar 1G220 não apresentou diferenças quanto ao tamanho da planta, considerando os dois anos agrícolas. O maior valor para altura de plantas em 2006/07, em todas as cultivares, foi devido à melhor distribuição e volume de água ao longo do desenvolvimento da cultura (Figura 1). A cultivar

SHS 400 apresentou plantas com maior porte e a 1G220, plantas menores, considerando os dois anos de avaliação (Tabela 4).

TABELA 4 Resultados médios obtidos na avaliação da altura de plantas (m) das cultivares nos dois anos agrícolas

Cultivares	2006/07	2007/08	Média
1G220	1,23 dA	1,22 cA	1,22
BRS 310	1,38 cA	1,25 bB	1,31
0992045	1,45 bA	1,28 aB	1,36
SHS 400	1,54 aA	1,27 aB	1,41
Média	1,40	1,26	

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A altura de plantas no sorgo granífero é uma característica de grande importância na escolha da cultivar, pois materiais de porte muito elevado podem prejudicar a colheita, aumentando as perdas no campo e o desgaste das máquinas. Essa característica é importante para a classificação do sorgo quanto ao uso como forrageira ou para a produção de grãos. No presente trabalho as cultivares apresentaram alturas apropriadas para a colheita mecanizada, entretanto, pequenos produtores do Norte de Minas Gerais fazem a colheita manual por meio do corte das panículas com facão, para posterior secagem e armazenamento.

A pouca disponibilidade de água é uma das causas mais comuns de redução no tamanho das plantas de sorgo devido à menor expansão celular provocada pelo estresse hídrico (Grima & Krieg, 1992). A inibição da expansão

celular provoca lentidão da expansão foliar, tendo como consequência menor área para transpiração, conservando assim o suprimento de água no solo por um período mais longo. Esta é a primeira estratégia de defesa das plantas contra a seca (Taiz & Zeiger, 2004).

A cultivar BRS 310 atingiu 1,38 m em 2006/07 e 1,25 m em 2007/08 (Tabela 4). Esses resultados coincidem com os valores observados em trabalho de avaliação de cultivares de sorgo no Rio Grande do Sul, onde a cultivar BRS 310 apresentou alturas de 1,25 m a 1,34 m (Raupp et al., 2005).

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a capacidade adaptativa das cultivares de sorgo granífero em condições adversas, tendo, além do fator genético, os índices pluviométricos como principais responsáveis pelo crescimento das plantas.

5.2 Produtividade de grãos

Considerando a produtividade média de grãos dos experimentos individualmente para cada ano agrícola, constatou-se rendimento equivalente a 5,09 t ha⁻¹ de grãos em 2006/07, superior à média do Brasil no mesmo ano, que foi de 2,15 t ha⁻¹ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009). Já na safra 2007/08, observaram-se produtividades bem menores com média de 1,71 t ha⁻¹ de grãos (Tabela 5).

Além dos anos agrícolas, a produtividade dos grãos foi afetada ($p \leq 0,01$) para as fontes de variação espaçamentos, densidades e cultivares, além das interações anos x espaçamentos, anos x cultivares, anos x densidades, espaçamentos x densidades, espaçamentos x cultivares, densidades x cultivares e anos x espaçamentos x cultivares (Tabela 9A). O coeficiente de variação (C.V.%) foi de 11,98% para produtividade dos grãos. Esse valor é considerado baixo para essa característica segundo com Pimentel (1990).

TABELA 5 Resultados médios de produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) das cultivares de sorgo nos dois anos agrícolas

Cultivares	2006/07	2007/08	Média
1G220	5,15 bA	2,12 aB	3,64
BRS 310	5,85 aA	1,38 bB	3,62
0992045	4,81 cA	1,99 aB	3,40
SHS 400	4,55 dA	1,35 bB	2,95
Média	5,09	1,71	

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A menor produção de grãos no segundo ano agrícola deve-se à menor disponibilidade hídrica ao longo do ciclo da cultura. Nas Figuras 1 e 2 observa-se que as precipitações no segundo experimento foram baixas, com um acumulado de 219 mm ao longo do ciclo da cultura. Já na safra 2006/07, chegaram a 519 mm, durante a condução do experimento.

Nas principais áreas produtoras de sorgo do mundo a precipitação anual não ultrapassa os 1.000 mm. Entretanto, o que importa é a quantidade de chuvas no ciclo da cultura. Para a obtenção de boas safras, deve-se ter uma precipitação, durante o ciclo da cultura, em torno de 450 a 550 mm (Pinho & Vasconcelos, 2002). Assim, o experimento conduzido na safra 2007/08 não favoreceu o cultivo do sorgo devido aos baixos índices pluviométricos verificados, comprometendo o rendimento potencial da cultura. Esse potencial pode ultrapassar 7 toneladas de grãos por hectare, em plantios de sucessão de culturas ou safrinha quando as precipitações são menores (Santos, 2003).

Considerando os fatores ambientais de regiões do semiárido, a deficiência hídrica provocada pelos baixos índices de precipitações é o principal

fator limitante para o cultivo de diversas espécies. O estresse hídrico se c quando a perda de água excede a absorção, devido à redução do teor de água na rizosfera das plantas (Taiz & Zeiger, 2004).

Os resultados obtidos evidenciam o potencial para o cultivo do sorgo granífero em regiões com baixos índices pluviométricos e temperaturas elevadas em substituição ao milho. Para a obtenção de altas produtividades na cultura do milho, além de precipitações superiores a 600 mm ao longo do seu ciclo, as temperaturas noturnas não devem ultrapassar 22°C. Temperaturas noturnas elevadas na cultura do milho diminuem a taxa fotossintética líquida, em função do aumento da respiração, interferindo no processo de produção (Fancelli & Dourado Neto, 2004). Essa característica inviabiliza o cultivo do milho para altas produtividades no verão na região norte de Minas Gerais pois as temperaturas médias diárias relatadas nos dois experimentos estavam entre 25°C e 30°C (Figuras 1 e 2), com temperaturas noturnas sempre superiores a 24°C. Quando comparado ao milho, o sorgo é mais tolerante a temperaturas altas, pois sua produtividade não é afetada por temperaturas médias de até 38°C (Magalhães & Durães, 2003).

Com relação à temperatura, é importante ressaltar que esta não foi limitante para o cultivo do sorgo, nos dois anos de condução deste trabalho.

Considerando a média dos dois anos, as cultivares BRS 310 e 1G220 foram as mais produtivas, com rendimentos superiores a 3,60 toneladas de grãos por hectare (Tabela 5).

Ao avaliar os melhores espaçamentos para o cultivo do sorgo, nos dois anos agrícolas, observou-se que o espaçamento de 50 cm proporcionou a maior produtividade de grãos para a maioria das cultivares. A exceção foi a cultivar 1G220, que apresentou produtividades superiores nos espaçamentos 50 e 70 cm (Tabela 6). Verificou-se, ainda, que, na safra 2007/08, a maioria das cultivares

apresentou maiores rendimentos de grãos nos espaçamentos 50 e 70 cm e, utilizando-se o espaçamento de 90 cm, houve redução da produção de grãos.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Baumhardt & Howell (2006), Lopes et al. (2005) e Stlchler et al. (1997), segundo os quais as maiores produtividades do sorgo granífero foram verificadas nos menores espaçamentos.

Estudando a estimativa de produtividade de grãos da cultivar BRS 308 no município de Santa Catarina, RS, Lopes et al. (2008) constataram produtividades, no espaçamento 50 cm entre fileiras de 6,60 t ha⁻¹. Ainda neste trabalho, foram obtidas maiores produtividades nas menores densidades.

É interessante destacar a produtividade da cultivar BRS 310, que atingiu 6,99 t ha⁻¹ no espaçamento 50 cm, no primeiro ano agrícola (Tabela 6). Esta produtividade pode ser considerada significativa para a condição do semiárido, ressaltando-se o potencial genético desta cultivar.

O aumento do espaçamento na cultura do sorgo sob elevado estresse hídrico, na safra 2007/2008, teve menor efeito na diminuição da produtividade de grãos. Em geral, a redução do espaçamento promove melhor distribuição das plantas no campo, aumentando a interceptação de luz e a eficiência na absorção da água no solo pela cultura.

TABELA 6 Resultados médios de produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de sorgo, em função dos anos agrícolas, espaçamentos e cultivares

Cultivares	Espaçamentos	2006/07	2007/08	Médias
1G220	50cm	5,89 aA	2,17 aB	4,03
1G220	70cm	5,08 bA	3,07 aB	4,08
1G220	90cm	4,48 cA	1,12 cB	2,80
BRS 310	50cm	6,99 aA	1,62 aB	4,31
BRS 310	70cm	5,33 bA	1,64 aB	3,49
BRS 310	90cm	5,24 bA	0,89 bB	3,07
0992045	50cm	5,52 aA	2,38 aB	3,95
0992045	70cm	4,74 bA	2,29 aB	3,52
0992045	90cm	4,18 cA	1,31 bB	2,75
SHS 400	50cm	5,55 aA	1,69 aB	3,62
SHS 400	70cm	4,34 bA	1,58 aB	2,96
SHS 400	90cm	3,75 cA	0,77 bB	2,26
Médias		5,09	1,71	3,40

Médias com mesma letra minúscula na vertical, dentro de cada cultivar e ano pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos em função dos espaçamentos entre fileiras e cultivares, considerando os dois anos agrícolas, é apresentada na Figura 3. Foi constatada relação linear entre a produtividade de grãos e os espaçamentos utilizados em todas as cultivares, nos dois anos de avaliação e na análise conjunta. Entretanto, notou-se baixo valor de R^2 na cultivar 1G220, na safra 2007/08, dificultando o ajuste da equação de regressão linear. O menor valor de R^2 deve-se a não significância observada entre os espaçamentos 50 e 70 cm para cultivar 1G220.

De acordo com a equação de regressão considerando a análise conjunta dos anos agrícolas para cada cultivar, o aumento de um centímetro entre fileiras

proporcionou decréscimo de 30 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos para os genótipos 1G220 e 0992045, redução de 31 kg ha⁻¹ no BRS 310, além de 34 kg ha⁻¹ para o SHS 400 (Figura 3).

Na safra 2006/07, o espaçamento de 50 cm beneficiou a produção de grãos com produtividades superiores a 5,5 t ha⁻¹, para todas as cultivares (Figura 3). No segundo ano de experimentação, observou-se que, no espaçamento de 70 cm, foram obtidas produtividades semelhantes às dos experimentos instalados com 50 cm, para a maioria das cultivares. Com esses resultados pode-se inferir que precipitações acima de 500 mm, ao longo do ciclo da cultura do sorgo, favoreceram a utilização de menores espaçamentos entre fileiras. É bom salientar que apesar das maiores precipitações no ano agrícola 2006/07 observou-se veranicos acentuados nos dois anos de avaliação.

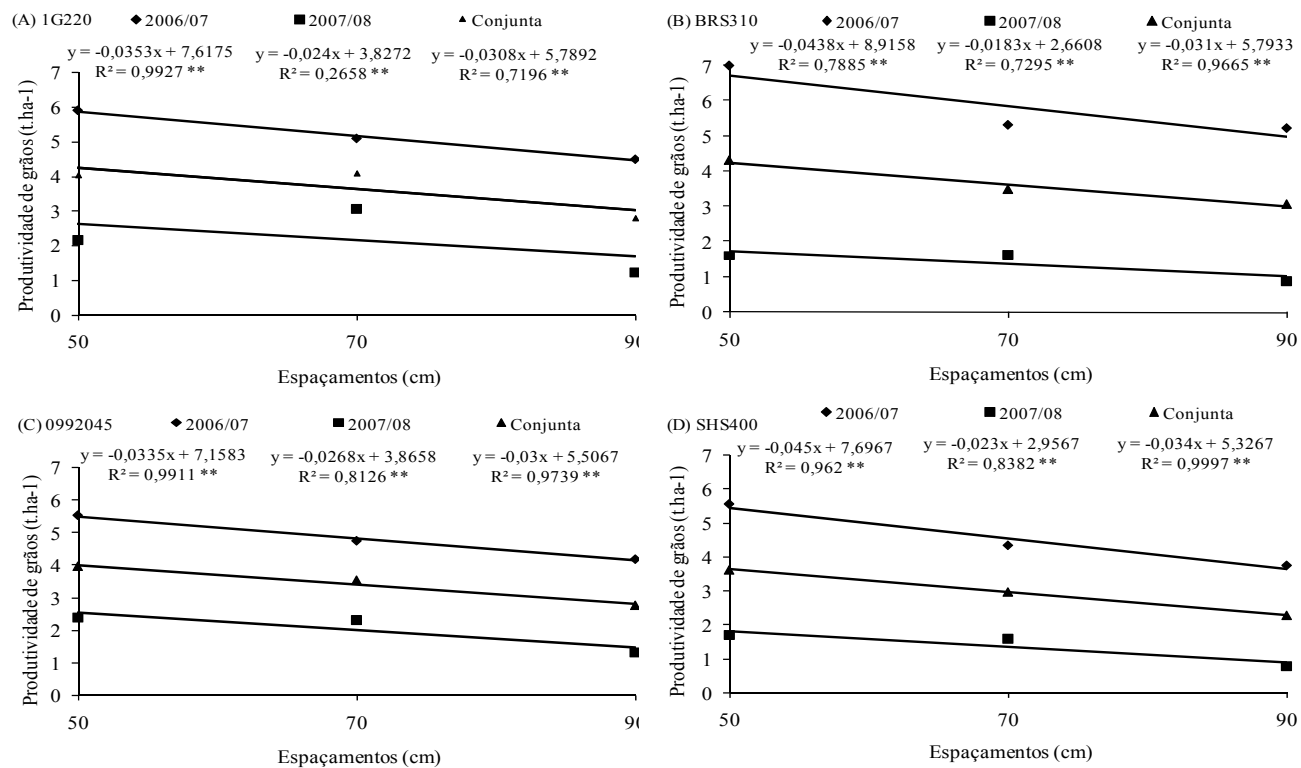


FIGURA 3 Representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de grãos das cultivares de sorgo 1G220 (A), BRS 310 (B), 0992045 (C) e SHS 400 (D), nos três espaçamentos e nos diferentes anos agrícolas. ** Significativo, a 1% de probabilidade.

O desdobramento da interação espaçamentos x densidades x cultivares evidenciou, no espaçamento de 50 cm, que os híbridos 1G220 e 0992045 apresentaram maior produtividade de grãos nas densidades de 100 e 180 mil plantas ha⁻¹. Já o SHS 400 apresentou maiores valores com 100 e 140 mil plantas ha⁻¹, enquanto o BRS 310, na densidade de 180 mil plantas ha⁻¹, mostrou rendimentos superiores de grãos (Tabela 7). Considerando as médias de todas as cultivares no espaçamento de 50 cm, a menor densidade proporcionou a maior produtividade de grãos.

TABELA 7 Resultados médios de produtividade de grãos (t ha⁻¹) de cultivares de sorgo, em função dos espaçamentos e das densidades de plantas, nos dois anos de avaliação

Cultivares	Espaçamento								
	50 cm			70 cm			90 cm		
	Densidades (plantas ha ⁻¹)			Densidades (plantas ha ⁻¹)			Densidades (plantas ha ⁻¹)		
	100 mil	140 mil	180 mil	100 mil	140 mil	180 mil	100 mil	140 mil	180 mil
1G220	4,38 aA	3,73 aB	3,99 bA	3,81 aB	3,95 aB	4,46 aA	3,03 aA	2,92 aA	2,46 aB
BRS 310	4,26 aB	4,00 aB	4,66 aA	3,79 aA	3,42 bA	3,23 bA	3,30 aA	2,92 aA	2,96 aA
0992045	4,06 aA	3,48 aB	4,31 bA	3,41 bA	3,66 aA	3,48 bA	3,19 aA	2,60 bB	2,45 aB
SHS 400	4,10 aA	3,84 aA	2,93 cB	3,10 bA	3,08 bA	2,69 cA	2,23 bA	2,31 bA	2,25 bA
Média	4,20	3,76	3,92	3,53	3,53	3,47	2,94	2,69	2,53

Médias com mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada espaçamento, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott.

No espaçamento de 70 cm notou-se que as produtividades de grãos das cultivares 0992045, BRS 310 e SHS 400 não foram afetadas pelas densidades. Em contrapartida, o 1G220 teve sua produção limitada com a diminuição da população (Tabela 7).

No espaçamento entre fileiras de 90 cm, a população de 180 mil plantas ha^{-1} provocou menores produtividades de grãos nas cultivares 1G220 e 0992045. O aumento da população na cultivar 0992045, a partir de 140 mil plantas ha^{-1} , condicionou menores produções. Além disso, no maior espaçamento, as cultivares BRS 310 e SHS 400 resistiram ao aumento da população, sem que isso acarretasse diminuição na produtividade (Tabela 7).

Em altas densidades de plantas, a competição intraespecífica na cultura de sorgo também foi confirmada por Lopes et al. (2005). Estes autores observaram maior produtividade de grãos por planta na menor densidade (100 mil plantas ha^{-1}), comparada à maior densidade (220 mil plantas ha^{-1}), nos dois espaçamentos estudados (50 cm e 80 cm). Ainda, o aumento do número de plantas na linha não proporcionou incrementos na produtividade de grãos por área, devido à capacidade de compensação individual das plantas de sorgo em baixas densidades.

Segundo Lopes et al. (2008), na menor densidade de plantas existe maior compensação do rendimento de grãos, pela ausência de competição por luz, água e nutrientes entre plantas vizinhas. Esse fato proporciona produtividade máxima por planta e baixa por área e, à medida que aumenta a competição intraespecífica, há relação negativa entre o número de plantas e a produtividade por planta.

De acordo com os resultados desta pesquisa, pode-se inferir que existe um comportamento diferenciado para as cultivares quanto à densidade de plantas, entretanto, em se tratando do espaçamento, a redução entre as fileiras contribuiu para maiores produtividades de grãos em todas as cultivares.

Dourado Neto et al. (2003), estudando o comportamento de três cultivares de milho em três populações, também encontraram interação significativa entre cultivares x populações para o rendimento de grãos,

verificando, assim, que a resposta ao aumento da população de plantas depende da cultivar utilizada.

É interessante destacar que o maior número de plantas por área pode favorecer o incremento de grãos em algumas cultivares. Em outras, o maior rendimento nas menores populações se deve à capacidade de perfilhamento e compensação no peso dos grãos em alguns genótipos. Pode-se concluir, ainda, que alguns materiais são mais susceptíveis à competição intraespecífica, em função do arranjo de plantas.

A representação gráfica da equação de regressão considerando a análise conjunta para a produtividade de grãos em função das densidades, espaçamentos e cultivar encontra-se na Figura 4.

Constatou-se que, ao utilizar o espaçamento de 50 cm, houve relação linear decrescente entre a produtividade de grãos e as densidades na cultivar SHS 400, com R^2 igual a 90,6% (Figura 4-A). Nesta cultivar, para cada aumento de mil plantas ha^{-1} , ocorreu decréscimo de 14 kg ha^{-1} de grãos. Para as outras cultivares, os valores de R^2 foram baixos, indicando menor ajuste dos dados à equação proposta no espaçamento 50 cm.

Considerando a equação de regressão no espaçamento 70 cm, observou-se que as cultivares BRS 310 e SHS 400 apresentaram redução da produtividade de grãos com aumento da densidade. Ao contrário, o genótipo 1G220 apresentou aumento linear da produtividade de grãos com a elevação do estande (Figura 4-B).

Não houve significância para o efeito das densidades para produtividade de grãos na cultivar 0992045 no espaçamento 70 cm. Esse resultado foi confirmado pelo não ajuste dos modelos de regressão.

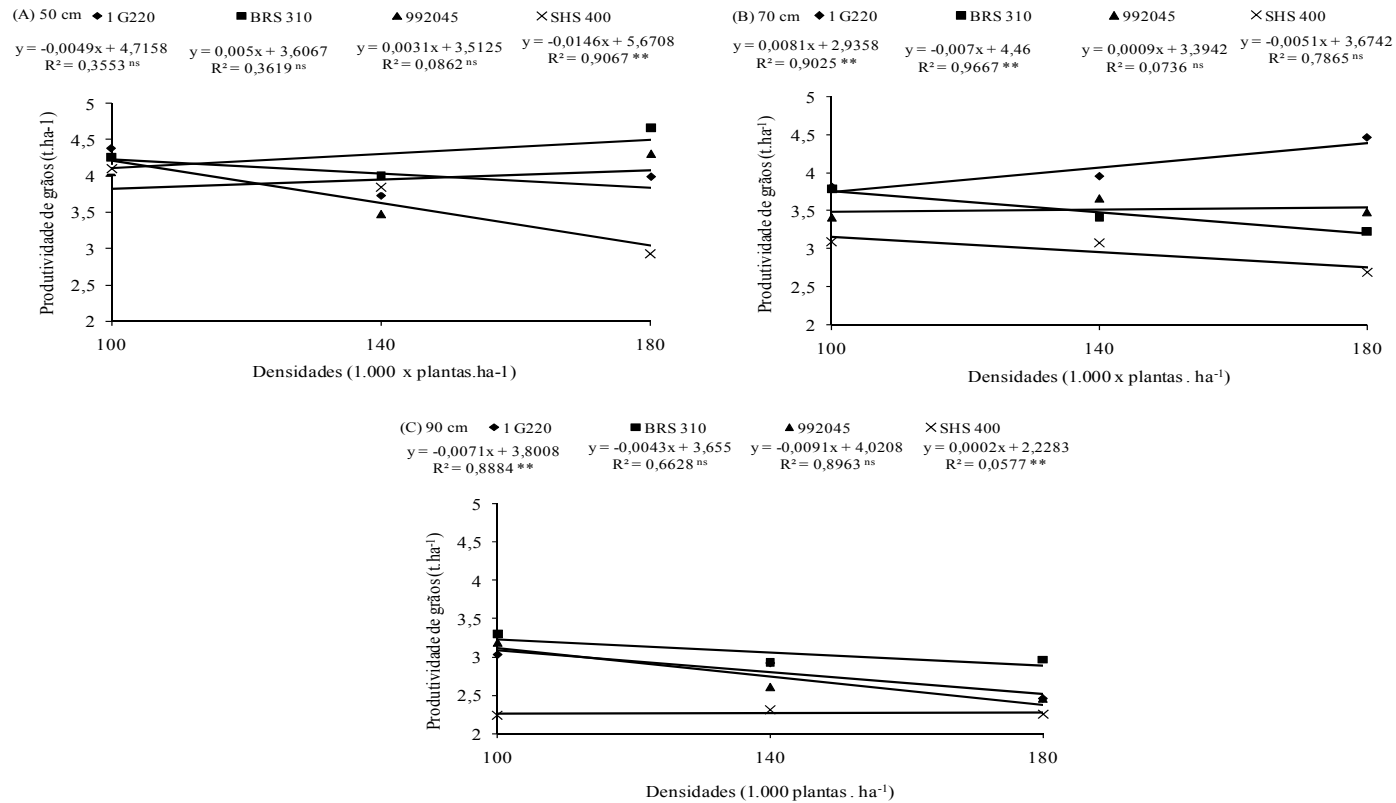


FIGURA 4 Representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de grãos das quatro cultivares de sorgo, em função das densidades nos espaçamentos de 50 cm (A), 70 cm (B) e 90 cm (C). ^{**} Significativo, a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

Foram observadas produtividades inferiores a $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ no espaçamento de 90 cm (Figura 4-C). A cultivar 1G220 apresentou redução da produtividade de grãos com a elevação da densidade de plantas no espaçamento de 90 cm. Para cada aumento de mil plantas ha^{-1} , ocorreu decréscimo de 7 kg ha^{-1} de grãos.

É necessário salientar que o espaçamento de 50 cm proporcionou maiores produtividades de grãos em todas as cultivares. Sendo assim, o ajuste da população no referido espaçamento é de grande importância para a obtenção de maiores produtividades no sorgo granífero.

Resultados semelhantes foram obtidos por Baumhardt & Howell (2006), segundo os quais os menores espaçamentos aumentaram a produtividade de grãos em qualquer regime hídrico. Ainda neste trabalho a população de plantas não influenciou a produtividade no experimento conduzido em condição de sequeiro. Já nos experimentos irrigados, os autores relataram incrementos na produtividade de grãos com o aumento das populações.

A redução do espaçamento entre fileiras para valores utilizados para outras culturas como soja e feijão, pode proporcionar a maximização da utilização dos equipamentos das propriedades rurais, principalmente as semeadoras, evitando-se assim as constantes modificações das linhas de plantio.

A representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de grãos em função das densidades de plantas, cultivares e anos agrícolas encontra-se na Figura 5.

O aumento na densidade de semeadura nos dois anos agrícolas não afetou a produtividade do sorgo granífero na maioria das cultivares avaliadas. Apenas a cultivar SHS 400 foi afetada pelo aumento da densidade de plantio, nos dois anos de avaliação (Figura 5). Notou-se, em 2007/08, um maior ajuste da equação de regressão para cultivar SHS 400 (Figura 5). Vale ressaltar que esse ano foi caracterizado pela maior restrição hídrica no ciclo da cultura.

Dourado Neto et al. (2003) relataram que em uma faixa de população não há competição intraespecífica de acordo com o genótipo utilizado. Acima da população crítica, devido à competição intraespecífica, a produção por planta decresce, determinando um ponto de máxima produção por unidade de área.

Não foi constatada relação linear significativa para os ganhos de produtividade com o aumento das densidades, em função das condições climáticas prevalentes no ano agrícola.

No Texas, EUA, Stchler et al. (1997) e Jones & Johnson (1997) observaram diminuição no rendimento de grãos nas maiores populações de plantas. Nesse trabalho as cultivares precoces e o maior regime hídrico foram fatores beneficiados pelo aumento da densidade.

Com isso, pode-se inferir que maiores populações em condições de limitação hídrica não apresentam vantagens na cultura do sorgo, devido à inibição de sua capacidade competitiva por água, luz e nutrientes. Além disso, a menor população de plantas contribui para um maior número de grãos por panícula, devido à maior radiação incidente por planta (Montagner et al., 2004).

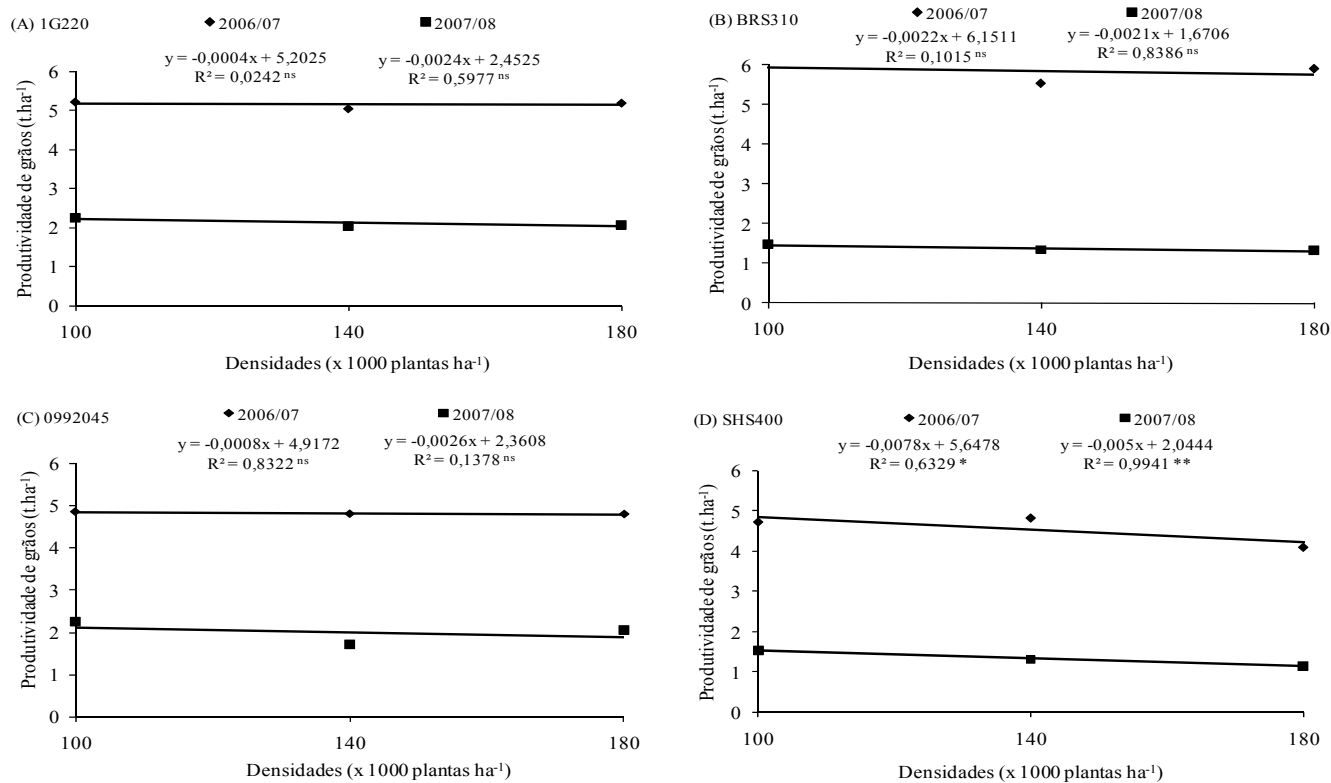


FIGURA 5 Representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de grãos das cultivares de sorgo 1G220 (A), BRS 310 (B), 0992045 (C) e SHS 400 (D), nas três densidades e nos diferentes anos agrícolas. **;* Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

5.3 Florescimento

Os anos e as cultivares avaliadas afetaram o florescimento das plantas. As interações entre anos x densidades e anos x cultivares também foram significativas (Tabela 9A). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada boa, com valor de 2,41%. Resultados semelhantes de C.V. para florescimento de plantas foram relatados por Silva & Rocha (2006).

Em geral, as cultivares de sorgo apresentaram maior número de dias para o florescimento no segundo ano de avaliação. Em 2006/07, as cultivares emitiram as panículas com 58 a 63 dias e, no ano posterior, com 64 a 67 dias (Tabela 8).

TABELA 8 Valores médios para o florescimento das cultivares de sorgo nos dois anos de experimentação.

Cultivares	Dias após semeadura		
	Ano 2006/07	Ano 2007/08	Média
BRS 310	58,11 bB	64,55 bA	61,33
1G220	57,59 bB	66,67 aA	62,13
SHS 400	58,07 bB	66,29 aA	62,18
0992045	63,00 aB	67,00 aA	65,00
Médias	59,19	66,13	

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

O sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (Masojidek et al.,

1991; Magalhães & Durães, 2003). Essa característica contribuiu para o menor ciclo no primeiro ano de avaliação, pois, neste período, as precipitações foram mais bem distribuídas e em maior quantidade (Figuras 1 e 2). As temperaturas foram semelhantes, nos dois anos de avaliação. Ao contrário do sorgo o milho antecipa seu ciclo em condição de estresse hídrico.

Devido à interação anos x cultivares, o genótipo 0992045 foi mais tardio em 2006/7. No ano posterior, a cultivar BRS 310 foi mais precoce e não foram observadas diferenças no florescimento das cultivares 1G220, SHS 400 e 0992045 (Tabela 9).

Nos experimentos conduzidos em 2006/07, a densidade de 180 mil plantas ha⁻¹ proporcionou maior número de dias para o florescimento das plantas. Já no ano seguinte, não foi constatada diferença entre as populações avaliadas (Tabela 9). Considerando os dois anos de avaliação, as maiores densidades induziram maior tempo para o florescimento das plantas (Tabela 9).

TABELA 9 Valores médios para o florescimento das cultivares de sorgo em função das densidades, nos dois anos agrícolas.

Densidades (plantas ha ⁻¹)	Dias após semeadura		
	2006/07	2007/08	Média
100 mil	58,67 bB	66,33 aA	62,50
140 mil	58,89 bB	66,03 aA	62,49
180 mil	60,02 aB	65,97 aA	63,00
Média	59,19	66,11	62,66

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram observados por Argenta et al. (2001) na cultura do milho. Nesse trabalho, as altas populações atrasaram o florescimento feminino, prejudicando a polinização. É comum, na cultura do milho, o não sincronismo entre o florescimento masculino e o feminino, em condições de estresse hídrico. Como consequência, ocorrem problemas na polinização, gerando espigas com poucos grãos.

Possivelmente, a competição intraespecífica provocada pelo aumento de plantas na área favoreceu o maior estresse hídrico e, conseqüentemente, a paralisação no desenvolvimento do sorgo como resultado de um mecanismo de defesa. A vantagem do sorgo nessas condições é evidenciada pela diminuição do seu metabolismo para recuperação do seu desenvolvimento quando o estresse é interrompido (Magalhães & Durães, 2003).

A representação gráfica das equações de regressões para o florescimento das cultivares de sorgo nas diferentes densidades e anos agrícolas encontra-se na Figura 5. Foi constatada relação linear entre o florescimento e as densidades no primeiro ano agrícola ($p \leq 0,01$) e para análise conjunta ($p \leq 0,05$) (Figura 6).

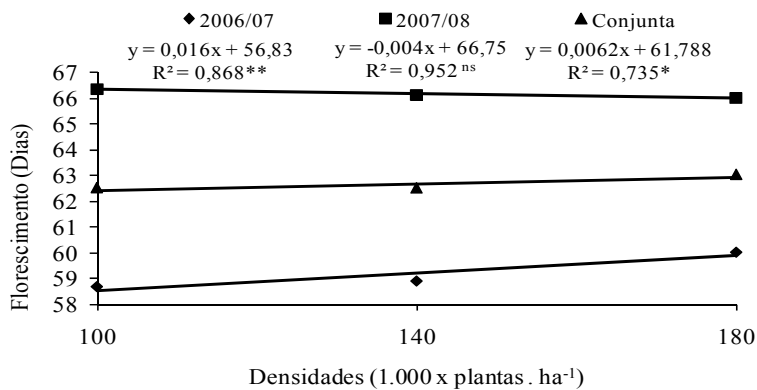


FIGURA 6 Representação gráfica das equações de regressão para florescimento das cultivares de sorgo (dias), em função das densidades e anos agrícolas. **: * Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

5.4 Produtividade de panículas

Para otimizar o aproveitamento do sorgo granífero, alguns produtores das regiões do semiárido utilizam as panículas do sorgo (grãos de sorgo + panículas) na forma farelada, para alimentação de bovinos. As panículas são armazenadas com os grãos em paióis de madeira ou alvenaria e, nos períodos de menor disponibilidade de grãos e forragens, são moídas e fornecidas para os animais.

A produtividade de panículas foi afetada pelo efeito de anos, espaçamentos, cultivares, densidades e interações anos x espaçamentos, anos x densidades, anos x cultivares, espaçamento x densidades, ano x espaçamento x densidades, além de anos x espaçamentos x cultivares (Tabela 8A). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada boa, com valor de 9,96% (Tabela 8A).

As produtividades médias das panículas em 2006/07 variaram de 8,99 t ha⁻¹ a 10,52 t ha⁻¹. Já no experimento 2007/08, os rendimentos médios variaram

2,73 t ha⁻¹ a 4,29 t ha⁻¹. Nos dois anos de avaliação, o espaçamento 50 cm proporcionou maiores produtividades.

Notou-se que a interação densidades x espaçamentos condicionou resultados diferentes em função do ano agrícola (Tabela 10).

Nos experimentos conduzidos em 2006/07, a densidade de 140 mil plantas ha⁻¹ possibilitou maiores produtividades de panículas, independente do espaçamento adotado. Já na densidade de 100 mil plantas ha⁻¹ houve redução na produtividade no espaçamento 70 cm e a maior população prejudicou as produtividades nos espaçamentos 70 e 90 cm. No ano seguinte, a densidade de 180 mil plantas ha⁻¹ propiciou maior produção de panículas nos três espaçamentos avaliados. Verificou-se, ainda, que as densidades de 100 e 140 mil plantas ha⁻¹ contribuíram para a obtenção de maiores produtividades de panículas, no espaçamento de 70 cm, no ano 2007/08 (Tabela 10).

TABELA 10 Produtividade de panículas de cultivares de sorgo (t ha⁻¹), em função dos anos agrícolas, espaçamentos e das densidades de plantas.

Densidades (plantas ha ⁻¹)	Ano 2006/07			Ano 2007/08		
	Espaçamentos			Espaçamentos		
	50cm	70cm	90cm	50cm	70cm	90cm
100 mil	10,78	9,68 aB	8,51 bC	3,72 bA	4,03 aA	2,61 bB
140 mil	10,27	9,62 aB	9,15 aB	3,80 bB	4,46 aA	2,45 bC
180 mil	10,50	9,04 bB	9,29 aB	4,65 aA	4,35 aA	3,13 aB
Médias¹	10,52	9,45	8,99	4,10	4,29	2,73

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Na horizontal, médias dentro de cada ano, com mesma letra maiúscula na horizontal, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Sob condições ambientais favoráveis, o sorgo faz o melhor uso possível da luz, água, temperatura e nutrientes, durante seu ciclo de vida. Em condições de adversidades ambientais, especialmente quando há carência de água, a planta é obrigada a construir um extenso sistema de raízes, com prejuízo no desenvolvimento da área foliar, levando a um menor rendimento fotossintético e menor capacidade competitiva (Magalhães & Durães, 2003).

Dessa forma, o estresse hídrico, no segundo ano de avaliação, possivelmente diminuiu a taxa fotossintética nas maiores populações e maiores espaçamentos, afetando as produtividades das panículas do sorgo e contribuindo para a significância da interação anos x espaçamentos x densidades.

O primeiro ano de avaliação proporcionou maiores rendimentos de panículas em todas as cultivares (Tabela 11). É interessante relatar, ainda, que todas as cultivares apresentaram maiores produtividades de panículas no espaçamento de 50 cm em 2006/07.

De acordo com os dados expostos na Tabela 11, nos espaçamentos 50 e 70 cm foram encontrados valores semelhantes para as produtividades de panículas em 2007/08.

Considerando as médias dos dois anos de experimentação, o menor espaçamento proporcionou maior produtividade de panículas em quase todas as cultivares. A exceção foi '0992045', que apresentou produtividade de panículas semelhantes nos espaçamentos de 50 e 70 cm (Tabela 11).

TABELA 11 Resultados médios para produtividade de panículas ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de sorgo, em função dos anos agrícolas, espaçamentos e cultivares.

Cultivares	Espaçamentos	2006/07	2007/08	Médias
1G220	50cm	10,52 aA	5,11 aB	7,82
1G220	70cm	9,51 bA	4,17 aB	6,84
1G220	90cm	9,68 bA	2,78 bB	6,23
BRS 310	50cm	10,91 aA	3,52 aB	7,22
BRS 310	70cm	9,54 bA	3,69 aB	6,62
BRS 310	90cm	8,78 cA	2,36 bB	5,57
0992045	50cm	9,79 aA	4,64 aB	7,22
0992045	70cm	9,10 bA	4,88 aB	6,99
0992045	90cm	8,87 bA	3,33 bB	6,10
SHS 400	50cm	10,85 aA	3,89 aB	7,37
SHS 400	70cm	9,62 bA	3,44 aB	6,53
SHS 400	90cm	8,60 cA	2,45 bB	5,53

Médias com mesma letra minúscula na vertical, dentro de cada espaçamento, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Conforme os resultados encontrados, constatou-se que as maiores produtividades nos menores espaçamentos devem-se ao maior tamanho de panículas proporcionado pelo melhor aproveitamento dos nutrientes e da água. Diversos autores relatam que o tamanho de panícula aumenta linearmente com as menores populações de sorgo (Montagner et al., 2004; Baumhardt & Howell., 2006; Lopes et al., 2008). Em trabalho comparando espaçamentos entre fileiras e adubação nitrogenada, Rosolem et al. (1993) verificaram que o menor espaçamento entre fileiras proporcionou maior eficiência no uso de fertilizantes nitrogenados.

A representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de panículas em função dos espaçamentos, anos e cultivares encontra-se na Figura 7. Foi encontrada relação linear entre a produtividade de panículas e os espaçamentos utilizados, para todas as cultivares, nos dois anos.

O pequeno ajuste dos dados à equação de regressão, devido ao baixo valor de R^2 para a cultivar 1G220, em 2006/07 e, no ano seguinte, para as cultivares BRS 310 e 0992945, pode ser justificado pela tolerância desses genótipos às alterações no espaçamento entre fileiras (Figuras 7-A, 7-B, 7-C). É importante salientar que, em 2007/08, as menores precipitações registradas no período propiciaram semelhantes produtividades nos espaçamentos 50 e 70 cm, na maioria das cultivares (Tabela 11).

Para a cultivar SHS 400 verificou-se valores elevados de R^2 nos dois anos de avaliação, deste modo, os aumentos das produtividades de panículas são altamente correlacionados com a diminuição do espaçamento, independente do ano agrícola (Figura 7-D).

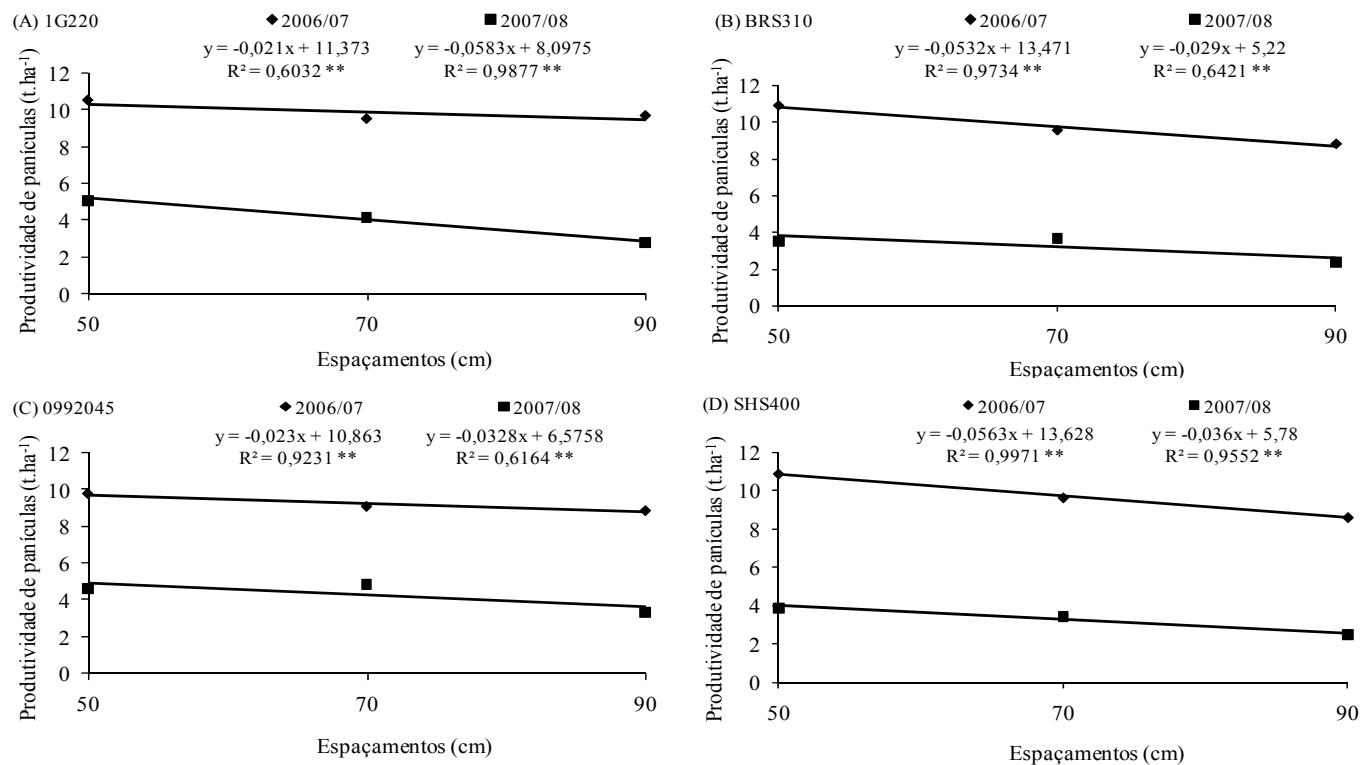


FIGURA 7 Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de panículas das cultivares de sorgo 1G220 (A), BRS 310 (B), 0992045 (C) e SHS 400 (D), nos três espaçamentos e nos diferentes anos agrícolas. ** Significativo, a 1% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES

- a) Os espaçamentos e as densidades não têm efeito na altura do sorgo granífero.
- b) A redução dos espaçamentos entre fileiras promove incrementos na produtividade de grãos e de panículas do sorgo granífero.
- c) A viabilidade do aumento da densidade de semeadura depende da cultivar, do espaçamento e das condições climáticas prevalecentes no ano agrícola considerado.
- d) O aumento da densidade de semeadura retarda o florescimento do sorgo, em função das condições climáticas do ano agrícola.
- e) As cultivares BRS 310 e 1G220 são as mais promissoras para a produção de grãos, independente dos espaçamentos e das densidades avaliadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.1-78, jan. 2001.

BAUMHARDT, R.L.; HOWELL, T.A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n.2, p.462-470, Apr. 2006.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.M.; RIBEIRO, M. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a Produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, set./dez. 2003.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

GRIMA, F.S.; KRIEG, R. Osmotic adjustment in sorghum 1, mechanisms of diurnal osmotic potential changes. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.99, n.2, p.577-582, jun. 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produtividade do sorgo**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 jan. 2009.

JACOMINE, P.K.T. **Conceituação sumária de classes de solos e critérios para subdividi-las**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 69p.

JONES, O.R.; JOHNSON, G.L. **Evaluation of a short season, high density production strategy for dryland sorghum**. Texas: USDA-ARS, 1997.

LOPES, S.J.; BRUM, S.; STORK, L.; LÚCIO, A.D.; SILVEIRA, T.R.; TOEBE, M. Espaçamento entre plantas de sorgo granífero: produtividade de grãos e qualificação do modelo estatístico. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2008nahead/a95cr256.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2008.

LOPES, S.J.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.C.; LORENTZ, L.H.; LOVATO, C.; DIAS, V.O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.6, p.525-530, jun. 2005.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado Técnico, 87).

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v.96, n.1, p. 198-207, Jan. 1991.

MEIRA, J.L.; AZEVEDO, J.T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R.E.; MURAD, A.M.; CARVALHO, L.J.C.B. Espaçamento e densidade do sorgo granífero. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p.105-121.

MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D.C. Perdas aleatórias na população inicial e sua relação com o rendimento de grãos em sorgo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Santa Maria, v.10, n.3, p.81-285, jul./set. 2004.

PIMENTEL, F.G. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 2002.

RAUPP, A.A.A.; BRANCÃO, N.; VERNETTI JR, F. de J.; CHIELLE, Z.G.; GABE, N.L.; WINKLER, L.; MARCHEZAN, E.; TELÓ, G.M. **Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safra 2004/2005 do ensaio Sul-Rio-Grandense**. Pelotas: EMBRAPA, 2005. (Comunicado técnico, 122).

ROSOLEM, C.A.; KATO, S.M.; MACHADO, J.R.; BICUDO, S.J. Nitrogen redistribution to sorghum grains as affected by plant competition. **Plant and Soil**, Holanda, v.155-156, n.1, p.199-202, Oct. 1993.

SANTOS, F.G. **Cultivares de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. (Comunicado técnico, 77).

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for groupnig means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, July/Sept. 1974.

SILVA, A.G.; ROCHA, V.S. Avaliação dos estágios fenológicos de cultivares de Sorgo forrageiro em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.2, p.113-121, jul./dez. 2006.

STICHLER, C.; CFARLAND, M.M.; COFFMAN, C. Irrigated and dryland grain sorghum production south and southwest Texas. **Bulletin of Texas Agricultural Extension Service**, Texas, v.6048, p. 11, Ago. 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p.

CAPÍTULO 3

ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE SEMEADURA PARA O SORGO FORRAGEIRO NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS

1 RESUMO

A cultura do sorgo forrageiro vem se destacando na região norte de Minas Gerais, devido ao fato de suas características bromatológicas serem semelhantes à do milho e, principalmente, por sua tolerância ao estresse hídrico. Para um melhor manejo cultural do sorgo, objetivou-se avaliar três densidades de plantas e três espaçamentos de cultivares de sorgo forrageiro na condição climática do semiárido. Para isso, foram conduzidos experimentos, em dois anos agrícolas, na região norte do estado de Minas Gerais. Em cada ano foram instalados experimentos em áreas contíguas, utilizando-se, respectivamente, os espaçamentos entre linhas de 50 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento conduzido, foram avaliadas três densidades de semeadura, 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas.ha⁻¹, além das cultivares de sorgo. Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três densidades de semeadura. A redução do espaçamento entre fileiras propicia maior produtividade de matéria seca na cultivar SHS 500 em função das condições climáticas prevalentes no ano agrícola. A produtividade de matéria seca das cultivares BRS 655, BRS 610 e 1F305 não são afetadas pela redução do espaçamento entre fileiras. O aumento da densidade de semeadura proporciona redução na produtividade de matéria seca e maior acamamento de plantas. Os espaçamentos e densidades avaliados não têm efeito na qualidade da forragem. Considerando as produtividades de matéria seca, teores de proteína bruta, FDN e FDA, a cultivar BRS 655 é mais indicada para a produção de forragem, independente dos espaçamentos e densidades avaliados.

ROW SPACING AND SOWING DENSITY FOR FORAGE SORGHUM IN MINAS GERAIS SEMIARID

2 ABSTRACT

The forage sorghum cultivation been outstanding in region of the Minas Gerais North dues to bromatological characteristics been the same of mayse and mainly for its tolerance to hidric stress. For better agricultural management were evaluated three plants densities and three row spacing of forage sorghum cultivars in semiarid climatic condition. For this were conducted two experiments in two agricultural years. Each year were made experiments on contiguous area, using the row spacing of 50 cm, 70 cm and 90 cm. For each experiment were evaluated three sowing density, 100 thousand, 140 thousand and 180 thousand plants.ha⁻¹ more sorghum cultivars. The experiments were conducted in completely blocks design in factorial 4x3, with three replications, with four cultivars and three sowing density. The row spacing reduction promotes higher dry matter productivity in SHS 500 in function of the climatic conditions of the agricultural year. The dry matter productivity of the cultivars BRS 655, BRS 610 and 1F305 aren't affected for row spacing reduction. The sowing spacing increasing promotes reduction in dry matter productivity and higher plants lodging. The rows spacing and sowing a density hasn't effect in forage quality. Considering the dry matter productivities, crude protein content, FDN and FDA, the BRS 655 cultivar is more indicate for forage production, independent of rows spacing and sowing densities.

3 INTRODUÇÃO

O norte de Minas Gerais é caracterizado como região de semiárido devido aos baixos índices pluviométricos e à inconstância da distribuição das chuvas. A economia regional sofre grande influência da pecuária, devido ao grande número de propriedades agrícolas nesta atividade.

Em razão da sua resistência à seca, o sorgo forrageiro na forma de silagem é considerado um dos cultivos mais comuns para a alimentação de ruminantes em propriedades da região.

A planta de sorgo é adaptada ao processo de ensilagem devido às suas características fenotípicas que facilitam o plantio e a colheita, sendo amplamente utilizada na alimentação de animais, pastejo e na produção de silagem para a terminação de bovinos. Esta espécie mostrou-se viável, principalmente em regiões onde o cultivo e o potencial produtivo da cultura do milho sofrem limitações pluviométricas (Chiesa et al., 2008). De modo geral, as silagens de sorgo apresentam de 85% a 90% do valor nutritivo das silagens de milho (Zago, 1992).

A viabilidade técnica para o cultivo do sorgo forrageiro na região norte de Minas Gerais foi inicialmente demonstrada na década de 1970, com produtividades de matéria verde superiores a 58 toneladas por hectare (Coelho, 1983). A planta de sorgo se adapta a uma ampla variação de ambientes e produz razoavelmente bem sob condições desfavoráveis, em relação à maioria dos outros cereais (Magalhães & Durães, 2003).

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produção de sorgo, a escolha da densidade ideal de semeadura e do melhor arranjo de plantas na área está entre as mais importantes. De acordo com Baumhardt & Howell (2006), a escolha da densidade de semeadura do sorgo

varia em função do ciclo da cultivar e das condições de umidade prevalentes. As menores densidades de semeadura podem propiciar maior eficiência na absorção de nutrientes pela cultura do sorgo devido menor competição das plantas nas linhas de plantio (Rosolen et al.,1993; Pholsen & Suksri, 2007).

Atualmente, trabalhos considerando a produção e a qualidade de forragem do sorgo em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura são escassos. Sendo assim, objetivou-se, com a realização desta pesquisa, avaliar a produtividade, a qualidade nutricional da forragem e a proporção particionada de órgãos da planta de cultivares de sorgo semeadas em diferentes arranjos de plantas na região norte do Estado de Minas Gerais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos, em dois anos agrícolas, em área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08. A área situa-se a 12 km da cidade de Jaíba, MG, nas coordenadas 15°16'20'' S e 43°40'23''W, à altitude de 456 m, em um Latossolo Vermelho Eutrófico. Os solos são originados de rochas com altos teores de cálcio e potássio, conferindo alta soma de bases (SB) e alta saturação de bases (V%). Os resultados das análises dos solos encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Resultados das análises de amostras de solo (0-20 cm de profundidade) da área onde foram conduzidos os experimentos. Dados obtidos no laboratório de fertilidade dos solos da Epamig em Nova Porteirinha, MG.

	Safra 2006/07	Safra 2007/08
pH em H ₂ O	6,8	6,9
H + Al (cmolc/dm ³)	1,3	1,2
Al (cmolc/dm ³)	0,0	0,0
Ca (cmolc/dm ³)	9,3	7,2
Mg (cmolc/dm ³)	1,9	1,4
K (mg/dm ³)	155,0	136
P (mg/dm ³)	3,0	8,1
Zn (mg/dm ³)	5,3	20,7
Fe (mg/dm ³)	46,2	46,7
Mn (mg/dm ³)	130,7	85,9
Cu (mg/dm ³)	0,9	0,9
B (mg/dm ³)	0,9	1,1

...continua...

“TABELA 1, Cont.”

Mat. org. (dag/kg)	3,4	1,9
SB (cmolc/dm ³)	12,4	9,1
T (cmolc/dm ³)	13,6	10,3
t (cmolc/dm ³)	12,4	9,1
V (%)	91,0	88,0
m (%)	0,0	0,0
Características físicas		
Areia (dag/kg)	20	25
Silte (dag/kg)	34	33
Argila (dag/kg)	46	42
Classe textural	Argiloso	Argiloso

O clima é tropical alternadamente seco e úmido, de acordo com a classificação de Köppen (Jacomine et al., 1979). As variações na temperatura e na precipitação média por decêndio, durante a condução dos experimentos, são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

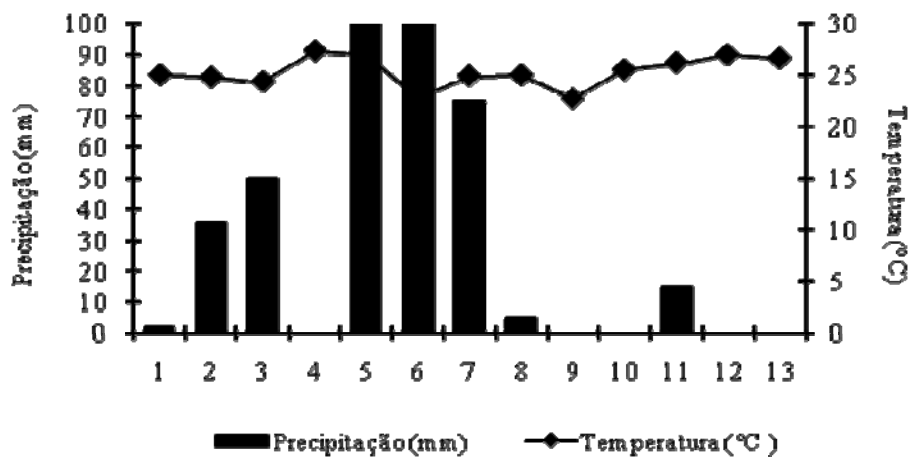


FIGURA 1 Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Jaíba, MG, de 27/12/2006 a 20/04/2007. Dados obtidos na estação meteorológica da Epamig em Jaíba, MG.

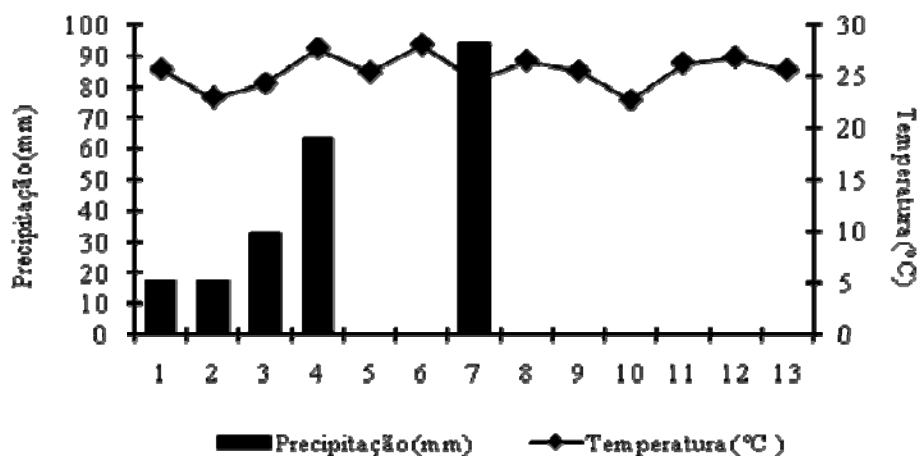


FIGURA 2 Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Jaíba, MG, de 27/12/2007 a 20/04/2008. Dados obtidos na estação meteorológica da Epamig em Jaíba, MG.

4.2 Material genético

Foram utilizadas quatro cultivares de sorgo forrageiros provenientes de diferentes empresas (Tabela 2). Essas cultivares foram escolhidas devido à sua ampla comercialização local, além da recomendação das empresas para o cultivo na região norte de Minas Gerais.

TABELA 2 Características das quatro cultivares de sorgo utilizadas nos experimentos.

Cultivar	Base genética	Ciclo	Panicula	Empresa
SHS 500	Simple	Semiprecoce	Aberta	Santa Helena
1 F305	Simple	Precoce	Semiaberta	Dow Agros-cienses
BRS 610	Simple	Semiprecoce	Semiaberta	Embrapa
BRS 655	Simple	Semiprecoce	Semiaberta	Embrapa

4.3 Instalação e condução dos experimentos

Avaliaram-se duas safras nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, os quais, de acordo com os dados pluviométricos (Figuras 1 e 2), caracterizaram-se como "ano chuvoso" e "ano seco", respectivamente. Ambos os experimentos foram instalados na segunda quinzena de dezembro, sob sistema de cultivo convencional.

Em cada ano foram instalados três experimentos em áreas contíguas, adotando-se, respectivamente, os espaçamentos entre linhas de 50 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento foram avaliadas três densidades de semeadura, 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas ha⁻¹, além de quatro cultivares de sorgo forrageiro.

Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três densidades de semeadura. A parcela experimental foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento e a área útil foi formada pelas duas linhas centrais.

Para todos os experimentos foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da fórmula 4 (N):30 (P₂O₅):10 (K₂O) mais 0,5% de Zn, com base na análise de solo. Realizou-se apenas uma adubação de cobertura com 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 80 kg ha⁻¹ de N. Para o controle de plantas daninhas, foi utilizado, na pós-emergência, o herbicida Gezaprim[®] 500 (atrazine), na dosagem de 3 l ha⁻¹ do produto comercial.

As sementes foram colocadas de forma manual, uniformemente em sulcos, tomando-se como base o dobro de plantas necessárias para a obtenção das densidades desejadas. Posteriormente, foi realizado o desbaste, com as plantas apresentando cinco folhas, para atingir a população desejada por metro linear, considerando cada espaçamento entre linhas (Tabela 3).

TABELA 3 Número de plantas por metro linear após o desbaste nos diferentes espaçamentos e densidades.

Densidades	Espaçamentos		
	50 cm	70 cm	90 cm
100.000 plantas ha ⁻¹	5	7	9
140.000 plantas ha ⁻¹	7	10	13
180.000 plantas ha ⁻¹	9	13	16

Realizaram-se pulverizações, quando necessário, com o produto Decis 25CE na dosagem de 200 ml ha⁻¹, por meio de pulverizador costal, para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

As plantas foram colhidas a 15cm do solo com os grãos do centro das panículas no estágio pastoso a farináceo. Na ocasião da colheita, tomaram-se, de cada parcela experimental, duas amostras de plantas. A primeira amostra, de oito plantas coletadas ao acaso na área útil de cada parcela, foi agrupada, identificada e conduzida até o laboratório, onde foi triturada (partículas de 2,5 cm) em picadeira de forragem e homogeneizada. Em seguida, foi retirada uma amostra de 300 g, que foi seca em estufa de aeração forçada, à temperatura de 65°C, por 72 horas, para a determinação da matéria seca da forragem.

Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo, para a determinação da matéria seca a 105°C (AACC, 1976) e a realização das análises bromatológicas.

A segunda amostra, composta de cinco plantas selecionadas ao acaso na área útil de cada parcela, foi agrupada, identificada e conduzida até o laboratório, onde foi separada em frações do colmo, folhas e panículas. As três frações foram pesadas separadamente e secas em estufa de aeração forçada, a 65°C, por 72 horas. Foi então determinada a matéria seca das frações da planta e, conseqüentemente, a participação dessas frações (colmo, folhas ou panículas) na

matéria seca total da planta.

4.4 Características avaliadas

4.4.1 Altura de planta (m)

A altura de plantas foi tomada da inserção da panícula superior até o solo, medindo-se, em metros, quatro plantas por área útil de parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

4.4.2 Plantas acamadas e quebradas (%)

O número de plantas acamadas foi obtido pelo somatório do número de plantas inclinadas formando um ângulo inferior a 20⁰ em relação ao solo, mais o número de plantas quebradas. O somatório do número de plantas acamadas e quebradas foi expresso em porcentagem.

4.4.3 Produtividade de matéria seca (t ha⁻¹)

Após a obtenção do peso verde de todas as plantas da área útil da parcela, coletaram-se oito plantas selecionadas ao acaso para serem trituradas e homogeneizadas em picadeira de forragem. Em seguida, retirou-se uma amostra de 300 g para secagem em estufa de aeração forçada, à temperatura de 65°C, por 72 horas, para a determinação da porcentagem de matéria seca da forragem. A produtividade de matéria seca foi estimada por meio do peso verde das parcelas multiplicado pela porcentagem de matéria seca. O peso médio foi transformado em t ha⁻¹.

4.4.4 Porcentagem de colmo, folha e panículas na matéria seca (%)

Foram coletadas oito plantas da área útil das parcelas e determinaram-se a razão entre a matéria seca de cada fração (colmo, folha ou panícula) e a matéria seca total das plantas multiplicado por cem.

4.4.5 Porcentagem de proteína bruta (PB)

Foi determinado o teor de nitrogênio utilizando-se o aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, conforme AOAC (1970). O teor de proteína bruta foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator de conversão 6,25.

4.4.6 Porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN)

A porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada segundo a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991).

4.4.7 Porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA)

A porcentagem de fibra em detergente netro (FDA) foi determinada segundo a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991).

4.5 Análises dos dados

Os dados obtidos foram submetidos, inicialmente, à análise de variância individual por experimento. Previamente foram realizados os testes de aditividade dos dados, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Não havendo nenhuma restrição às pressuposições da análise da variância, foi realizada análise de variância conjunta envolvendo os três experimentos em cada ano e outra, considerando simultaneamente todos os experimentos conduzidos nos dois anos.

Todas as análises, incluindo o estudo de regressão em função dos diferentes espaçamentos e densidades foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2000). Os dados referentes à porcentagem de plantas acamadas e quebradas foram submetidos a teste de normalidade (distribuição normal de Poisson) e posterior transformação de dados [$\sqrt{x+1}$]. As

médias foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância individuais para cada experimento estão apresentados nos Anexos (Tabelas de 10A a 15A). Nas Tabelas 16A e 18A encontram-se os resumos das análises conjuntas para cada ano de avaliação e os resumos das análises de variância conjunta, considerando, simultaneamente, todos os experimentos são apresentados nos Anexos, Tabelas 18A, 19A e 20A.

5.1 Altura de plantas

Houve diferença ($p \leq 0,01$) para o efeito de anos, espaçamentos, densidades e cultivares e interações anos x cultivares para altura de plantas (Tabela 18A). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada boa, com 9,11%.

Independente do espaçamento entre linhas e da densidade de plantas utilizada, os experimentos conduzidos na safra de 2006/07 proporcionaram maior altura de plantas (Tabela 4). A altura média de plantas em 2006/07 foi de 3,34 m e, no ano seguinte, 2,19 m.

A redução de 34% observada nas alturas das plantas, nos dois anos, deve-se, principalmente, às baixas precipitações ocorridas em 2007/08. A menor expansão celular provocada pelo estresse hídrico inibe o crescimento das plantas de sorgo (Grima & Krieg, 1992; Taiz & Zeiger, 2004).

Avaliando caracteres agronômicos de sorgo forrageiro em regiões com maiores precipitações, Chiese et al. (2008) e Pinho et al. (2007) verificaram menores valores de altura das plantas de sorgo forrageiro que as obtidas no presente trabalho. Nestes trabalhos, os autores relataram variação na altura das plantas de 1,7 a 3 m. Experimentos realizados no município de Goiânia, GO,

com a cultivar BRS 610, demonstraram menores alturas de plantas. Neste caso, foram constatados 2,4 m (Oliveira et al., 2005).

TABELA 4 Resultados médios obtidos na avaliação da altura de plantas (m) das cultivares nos dois anos agrícolas.

Cultivares	2006/07	2007/08	Média
BRS 655	3,14 cA	2,16 bB	2,49
BRS 610	3,09 cA	1,90 cB	2,65
1 F305	3,41 bA	2,21 bB	2,81
SHS 500	3,73 aA	2,50 aB	3,11
Média	3,34	2,19	2,77

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Estes resultados evidenciam a tolerância à seca e a capacidade produtiva do sorgo forrageiro nas condições do semiárido de Minas Gerais, pois a altura das plantas tem correlação direta com a produtividade de matéria seca das forragens (Zago, 1992; Rocha Junior et al., 2000; Pinho et al., 2007).

Comparando-se os genótipos dentro de cada ano agrícola verificou-se que BRS 610 e BRS 655 apresentaram menores alturas e SHS 500 maior porte em 2006/07. No ano seguinte, apenas a cultivar BRS 610 apresentou menor porte, enquanto SHS 500 continuou superior para esta característica (Tabela 4).

É importante destacar que SHS 500 apresentou maior altura das plantas, independente dos espaçamentos e populações utilizadas nos dois anos de avaliação. Essa diferença de altura entre os materiais avaliados está associada à genética dos híbridos.

Por meio da representação gráfica da equação de regressão para altura das plantas em função dos espaçamentos, considerando os dois anos agrícolas, foi observado aumento linear do porte do sorgo forrageiro com a redução dos espaçamentos (Figura 3).

Devido à menor competição intraespecífica por água e nutrientes, os menores espaçamentos proporcionaram maior altura das cultivares. A redução do espaçamento promoveu melhor distribuição das plantas na área. Neste caso, a menor concentração de plantas por metro linear favoreceu maior interceptação de luz pelas folhas e maior área individual de exploração do solo, aumentando a eficiência de aproveitamento da água e nutrientes.

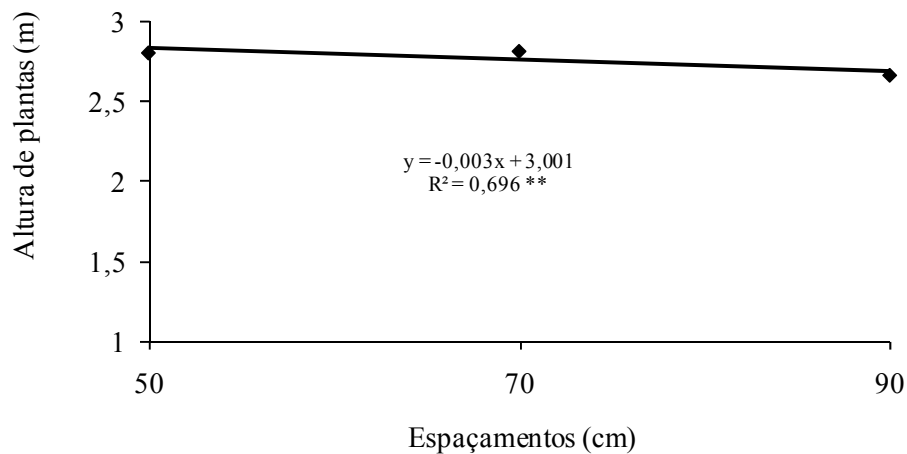


FIGURA 3 Representação gráfica da equação de regressão para altura de plantas, em função dos espaçamentos entre fileiras, nos dois anos de experimentação. ** Significativo, a 1% de probabilidade.

Para as densidades de sementeira, notou-se, por meio da equação de regressão, que o aumento da população de plantas proporcionou maior altura das plantas (Figura 4). Neste caso, as maiores populações promoveram maior competição intraespecífica por luz, estimulando a dominância apical das plantas e o crescimento das mesmas.

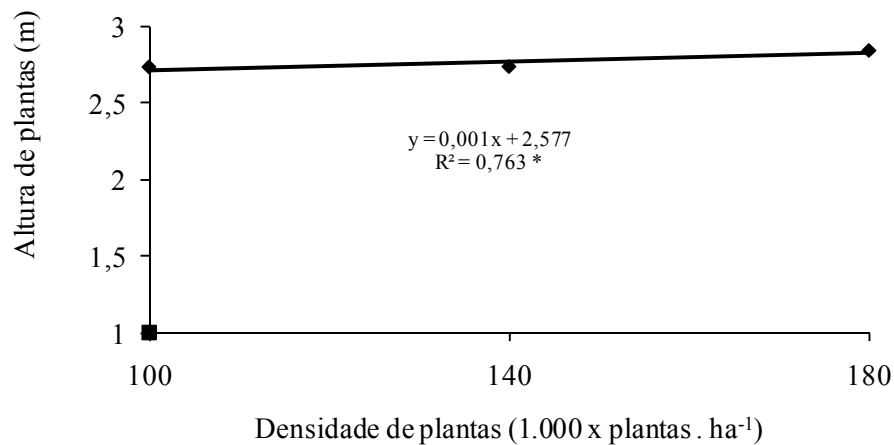


FIGURA 4 Representação gráfica da equação de regressão para altura de plantas, em função das densidades, nos dois anos de experimentação. * Significativo, a 5% de probabilidade.

5.2 Plantas acamadas e quebradas

Em relação à porcentagem de plantas acamadas e quebradas, observaram-se diferenças para as fontes de variação anos, espaçamentos, densidades, cultivares e interações anos x densidades, anos x cultivares, espaçamentos x densidades, densidades x cultivares (Tabela 18A). A precisão experimental obtida pela estimativa do coeficiente de variação (C.V.) foi de 54,61%. Os valores elevados de C.V. são justificados pela presença de valores nulos na avaliação das plantas acamadas e quebradas de algumas parcelas.

A representação gráfica da equação de regressão para as plantas acamadas e quebradas, em função dos espaçamentos entre fileiras e densidades de sementeira, encontra-se na Figura 5.

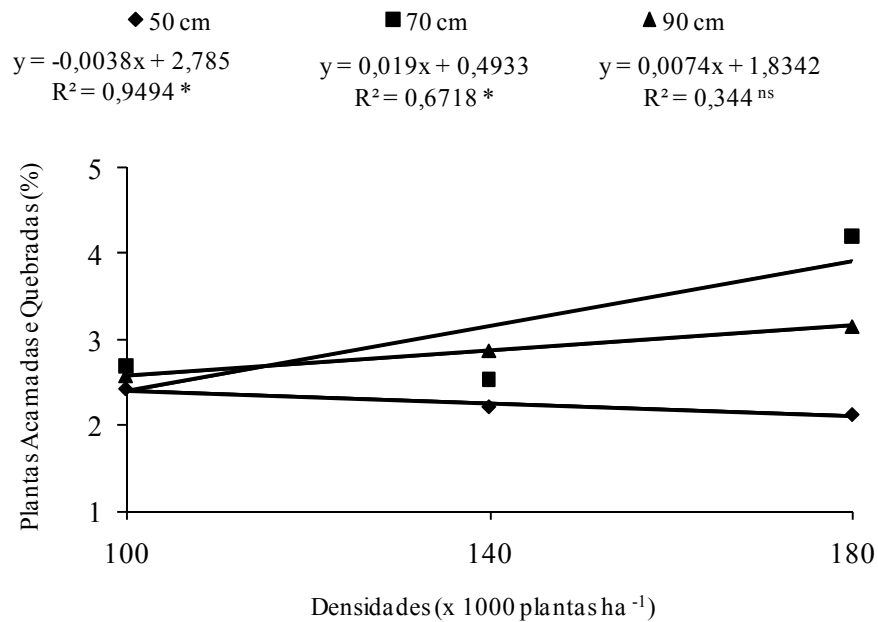


FIGURA 5 Representação gráfica das equações de regressão para plantas acamadas e quebradas, em função dos espaçamentos e densidades (dados transformados $\sqrt{x+1}$).*; ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

O aumento da densidade de sementeira nos espaçamentos 50 e 70 cm provocou maior acamamento das plantas (Figura 5). Como exposto anteriormente, as maiores densidades proporcionaram maiores alturas das plantas. Com isso pode-se inferir que maiores populações propiciaram maior competição intraespecífica por luz e o conseqüente alongamento dos entrenós,

devido à dominância apical, deixando as plantas mais altas e com maior susceptibilidade ao tombamento.

Estes resultados corroboram os obtidos por Zago (1992), Rocha Junior et al. (2000) e Pinho et al. (2007), segundo os quais as plantas de maior porte apresentaram maiores perdas por acamamento e tombamento. Essa condição pode prejudicar o processo de colheita do sorgo para a produção da silagem, inviabilizando seu cultivo. Neste caso, a regulação adequada e a manutenção da semeadora de sorgo são características essenciais para a diminuição de perdas no campo.

A cultivar SHS 500 apresentou maiores porcentagens de plantas acamadas e quebradas em todos os espaçamentos e densidades adotadas (Tabela 5). Isto apontou grande efeito do tipo de genótipo utilizado na porcentagem de plantas acamadas e quebradas.

TABELA 5 Resultados médios para porcentagens de plantas acamadas e quebradas (%) de cultivares de sorgo, em função dos anos agrícolas, densidades (100, 140 e 180 mil plantas ha⁻¹) e cultivares.

Cultivares	2006/07			2007/08			Médias
	100	140	180	100	140	180	
1F305	0,44 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,07
BRS 610	0,36 aA	1,10 aA	2,28 bB	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,62
SHS 500	32,15 bA	38,81 cA	43,69 cA	2,79 bA	10,37 bA	6,35 bA	22,36
BRS 655	0,26 aA	18,92 bB	34,11 cC	1,31 aA	3,30 aA	4,68 bA	10,43
Médias	8,30	14,71	20,02	1,03	3,42	2,76	8,37

Médias com mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal dentro de cada ano pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott.

O aumento da densidade de semeadura no primeiro ano agrícola condicionou maior acamamento das plantas em alguns genótipos. Densidades iguais e superiores a 140 mil plantas ha⁻¹ aumentaram as porcentagens de plantas acamadas na cultivar BRS 655 (Tabela 5). Com 100 mil plantas ha⁻¹, foram constatadas 0,26% de perdas nesta cultivar e, com 180 mil plantas ha⁻¹, o acamamento suplantou 34% (Tabela 5).

A cultivar BRS 610 teve seu desempenho comprometido com 180 mil plantas ha⁻¹, em 2006/07, tendo 2,28% de perdas por acamamento (Tabela 5).

No ano 2007/08, o aumento das densidades de semeadura não conduziu ao maior tombamento das plantas. Isso pode ser justificado pelo menor porte das plantas. O acamamento verificado neste período foi devido ao efeito de cultivar.

Independente do ano agrícola e da densidade de plantio a cultivar SHS 500 proporcionou maiores porcentagens de plantas acamadas e quebradas (Tabela 5). A cultivar SHS 500 demonstrou grande suscetibilidade suplantando 40% de plantas acamadas e quebradas, sendo a principal característica desta cultivar o grande porte das plantas.

Em trabalho de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes épocas de semeadura, Pinho et al. (2007) relatam valores de até 17% de plantas acamadas e quebradas. Neste trabalho, as cultivares forrageiras foram mais sensíveis ao tombamento que as de duplo propósito.

A representação gráfica da equação de regressão para as plantas acamadas e quebradas em função dos anos agrícolas e densidades são apresentadas na Figura 6. O aumento da densidade de semeadura apresentou relação linear para acamamento e tombamento das cultivares BRS 655 e SHS, nos dois anos de experimentação e para a cultivar BRS 610, em 2006/07, com valores de R² sempre superiores a 90%. Isso indica que a maioria da variação observada foi explicada pela regressão linear.

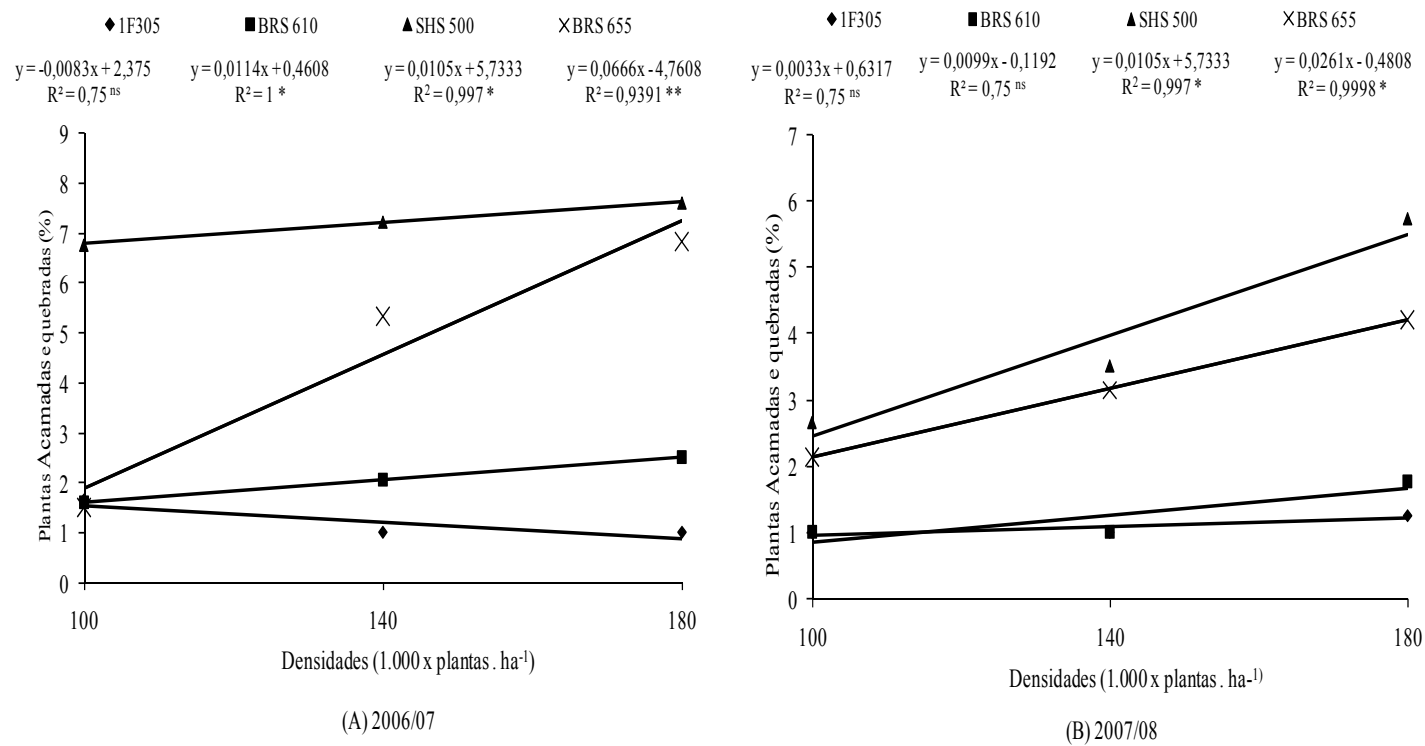


FIGURA 6 Representação gráfica das equações de regressão para plantas acamadas e quebradas, em função das densidades e das cultivares nos anos 2006/07 (A) e 2007/08 (B) (dados transformados $\sqrt{x+1}$).*; ** Significativo, a 1% e 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

Segundo Martins (2000), a densidade ideal para o sorgo forrageiro está entre 100 mil e 150 mil plantas por hectare, tendo como objetivo a redução do acamamento o que, normalmente, ocorre em populações maiores.

Não houve efeito significativo do aumento das densidades no acamamento e tombamento da cultivar 1 F305, nos dois anos de avaliação e na BRS 610, em 2007/08 (Figura 6). Isso pode ser justificado pela menor altura das plantas dessas cultivares. Rocha Junior et al. (2000) verificaram correlações positivas altamente significativas para altura de plantas e porcentagem de acamamento em cultivares de sorgo.

5.2 Produtividade de matéria seca

Observou-se, para a produtividade de matéria seca, efeito significativo dos anos agrícolas, densidades, espaçamentos, cultivares e interações anos x espaçamentos, anos x densidades, anos x cultivares, espaçamentos x cultivares além dos anos x espaçamentos x cultivares (Tabela 18A).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi de 18,14%. Valores semelhantes de C.V. para produtividade de matéria seca foram relatados por Clemente & Muniz (2002), Silva et al. (2005) e Oliveira (2008).

Para condição do semiárido, a produtividade média de matéria seca, considerando, os dois anos agrícolas, foi de 15,83 t ha⁻¹. Este valor pode ser considerado bom, devido às limitações hídricas acentuadas em 2007/08.

Notou-se, no segundo ano agrícola, redução de 40% na produtividade da matéria seca (Tabela 6). Isso ocorreu devido à maior precipitação ocorrida em 2006/07, desde o plantio até a colheita dos experimentos (Figura 1). O cultivo do sorgo no semiárido é afetado por diversos fatores do clima, sendo a baixa precipitação o principal fator limitante para produtividade. Portanto, era previsível que o efeito de anos fosse significativo e influenciasse a produtividade

média da matéria seca dos experimentos, visto que as condições climáticas variaram de um ano para outro (Figuras 1 e 2).

TABELA 6 Produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$), em função dos anos agrícolas e densidades.

Densidades (plantas ha^{-1})	Anos agrícolas		Média
	2006/07	2007/08	
100 mil	21,06 aA	15,52 aB	17,89
140 mil	20,38 aA	11,19 bB	16,12
180 mil	18,31 bA	8,62 cB	13,47
Média	19,88	11,77	15,83

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

No primeiro ano agrícola, registraram-se precipitações de 520 mm ao longo do ciclo da cultura. As precipitações durante o ciclo da cultura, no segundo ano agrícola, foram de 150 mm, até os 40 dias após a semeadura. Depois desse período, houve um veranico de 25 dias (período de florescimento das plantas) com precipitações de 95 mm aos 70 dias após a semeadura (Figura 2). As precipitações reduzidas e mal distribuídas neste período totalizaram um acumulado de 250 mm ao longo do ciclo da cultura, valor bem inferior ao do primeiro ano.

A grande tolerância da cultura a déficits hídricos foi demonstrada por meio da produtividade média de $11,77\ t\ ha^{-1}$, em 2007/08. A ocorrência de déficits hídricos diminui a taxa fotossintética e a multiplicação celular,

provocando redução da matéria seca total das plantas (Taiz & Zeiger, 2004). O sorgo, por se tratar de uma cultura anual, faz o melhor uso possível dos fatores do meio em curto período de tempo, no qual as condições são favoráveis ao seu desenvolvimento. Nesta situação, quando comparado com o milho, o sorgo consegue produzir mais, devido ao sistema radicular profundo e ramificado, à tolerância a temperaturas elevadas e à capacidade de diminuir o metabolismo e recuperar o desenvolvimento quando o estresse é interrompido (Magalhães & Durães, 2003).

As densidades de 100 e 140 mil plantas ha⁻¹ contribuíram para maiores produtividades de matéria seca em 2006/07, enquanto a população de 180 mil plantas ha⁻¹ reduziu o potencial produtivo (Tabela 6). No segundo ano agrícola verificou-se limitação da produtividade de matéria seca com o aumento da população.

Diante do exposto, pode-se inferir que, em condições de menor disponibilidade hídrica, recomenda-se a utilização de menores densidades de semeadura, diminuindo a competição entre as plantas na linha de plantio, principalmente por água.

Resultados semelhantes foram reportados por Rezende et al. (2003) na cultura do milho, em que o efeito das densidades dependeu das condições climáticas prevaletentes durante o desenvolvimento das plantas.

Foi obtida relação linear significativa para produtividade de matéria seca em função das densidades nos dois anos agrícolas, sendo os coeficientes de determinação (R^2) de 92,1%, em 2006/07 e 97,8%, em 2007/08 (Figura 7).

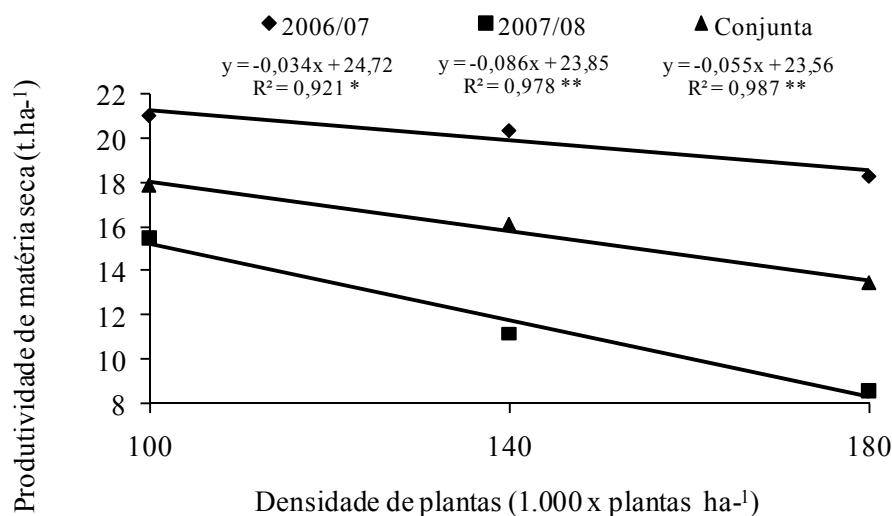


FIGURA 7 Representação gráfica das equações de regressão para a produtividade de matéria seca nas densidades, considerando os dois anos de avaliação. *; ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade.

Constatou-se decréscimo de 34 kg ha⁻¹ de matéria seca produzida para cada aumento de mil plantas ha⁻¹, na safra 2006/07 (Figura 7). Na condição de grande estresse hídrico no experimento conduzido em 2007/08, notou-se que o aumento da densidade acarretou maiores perdas. Para cada aumento de mil plantas ha⁻¹, houve um decréscimo de 86 kg ha⁻¹ de matéria seca (Figura 7).

Por se tratar de espécie C₄, as altas taxas de luz proporcionam incrementos na produção de matéria seca na cultura do sorgo. Sendo assim, as altas densidades podem ter provocado aumento da competição por luz, água e nutrientes, na linha de semeadura. Em milho, alguns genótipos diminuem a matéria seca de raiz e da parte aérea por unidade de planta com aumento da população (Dourado Neto et al., 2003).

As produtividades de matéria seca foram afetadas pela interação cultivar x anos x espaçamentos (P≤0,01). Comparando as cultivares dentro de cada

espaçamento, em 2006/07, verificou-se que a cultivar SHS 500 foi mais produtiva que as demais, nos espaçamentos 50, 70 e 90 cm. Nesse último espaçamento notou-se ainda a cultivar BRS 610 como destaque (Tabela 7). A diminuição da produtividade da cultivar SHS 500 com o aumento do espaçamento de 50 para 90 cm proporcionou as mesmas produtividades para as duas cultivares.

TABELA 7 Resultados médios para produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de sorgo, em função dos anos agrícolas, espaçamentos e cultivares.

Cultivares	2006/07			2007/08		
	Espaçamentos					
	50 cm	70 cm	90 cm	50 cm	70 cm	90 cm
IF305	13,04 cA	10,12 cA	9,97 cA	12,11 aA	15,07 aA	13,14 aA
BRS 610	20,53 bA	17,91 bA	20,28 aA	7,15 aA	10,32 aA	10,32 aA
SHS 500	28,66 aA	23,28 aB	22,64 aB	9,98 aA	11,70 aA	12,67 aA
BRS 655	19,23 bA	17,54 bA	15,42 bA	11,97 aA	13,39 aA	13,48 aA
Médias	20,37	17,21	17,08	10,30	12,62	12,40

Médias com mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada espaçamento, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott.

Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Oliveira (2008) no semiárido do Estado da Bahia, onde foram relatadas produtividades médias de $23,15\ t\ ha^{-1}$ de MS e Pinho et al. (2007) na época normal de semeadura na região Sul do Estado de Minas Gerais com $21,0\ t\ ha^{-1}$ de MS.

De modo geral, o rendimento forrageiro das cultivares está relacionado com o porte da planta, tendo as plantas maiores produzido maior quantidade de

matéria seca. Isto ficou mais evidenciado pela cultivar SHS 500, que apresentou maior altura das plantas (Tabela 4) e maior produtividade de matéria seca (Tabela 7), independentemente dos espaçamentos adotados.

Os bons resultados obtidos no primeiro ano agrícola podem ser atribuídos às melhores condições climáticas prevaletentes durante o ciclo vegetativo da cultura, que contribuíram para uma melhor absorção dos nutrientes, aliadas ao menor espaçamento de plantio utilizado e ao bom potencial produtivo das cultivares utilizadas.

Não ocorreram diferenças entre as cultivares, dentro de cada espaçamento, na safra 2007/08 (Tabela 7). Isso pode ser creditado ao metabolismo das plantas, que foi afetado pelo estresse hídrico, neste período.

Flaresso et al. (2000) têm recomendado espaçamentos de 70 a 80 cm para o cultivo de sorgo forrageiro, como adaptação às colhedadeiras utilizadas pela maioria dos produtores. Atualmente, as empresas fabricantes de máquinas agrícolas têm disponibilizado implementos específicos para a colheita de sorgo e de milho semeados em menores espaçamentos, o que poderá aumentar as produtividades dessas culturas.

Em trabalho realizado com a cultura do milho, Paiva (1992) demonstrou que os espaçamentos afetaram o rendimento forrageiro e a qualidade da silagem, tendo no menor espaçamento (0,50 m) sido obtido maior rendimento de espigas, maior rendimento de matéria seca e proteína bruta.

Foi obtida relação linear significativa para produtividade de matéria seca nos diferentes espaçamentos entre fileiras apenas para cultivar SHS 500 em 2006/07, sendo o coeficiente de determinação superior a 70% (Figura 8). Notou-se, para cada aumento de um centímetro, decréscimo de 151 kg ha⁻¹ de matéria seca. Em 2007/08, apesar do alto valor não foi observada significância para a equação linear.

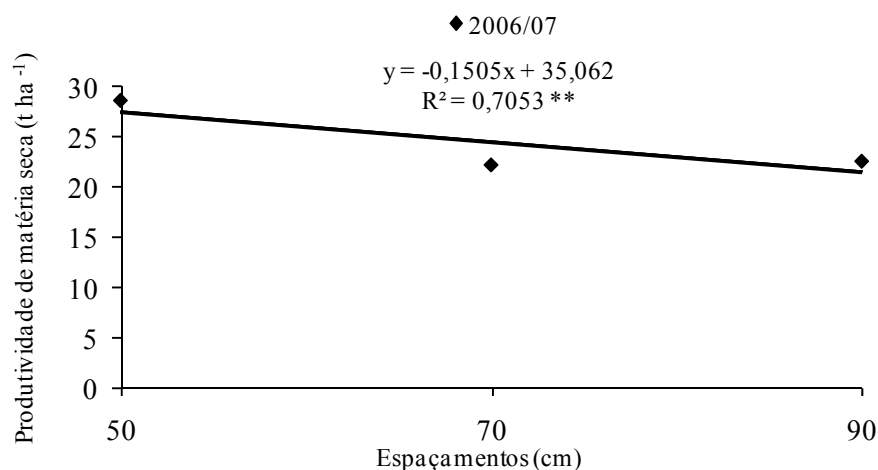


FIGURA 8 Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de matéria seca da cultivar SHS 500 nos diferentes espaçamentos em 2006/07. ** Significativo, a 1% de probabilidade.

Estes resultados evidenciam que alguns genótipos são mais afetados pelo aumento do espaçamento. Possivelmente, a composição genética do SHS 500, que lhe confere porte alto e folhas compridas propiciou a intensificação da competição intraespecífica por luz, principalmente na condição do maior espaçamento, fato que justifica a redução da produtividade deste material.

De acordo com Magalhães & Durães (2003), à medida que a copa da planta se fecha, outros incrementos no índice de área foliar têm pouco ou nenhum efeito sobre a fotossíntese, a qual passa a depender da radiação solar incidente e da estrutura da copa vegetal.

5.4 Porcentagens de colmo, folha e panícula na matéria seca

As cultivares de sorgo devem apresentar bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula para aliar a boa produtividade de matéria seca e o bom valor

nutritivo. De maneira geral, materiais com maior porcentagem de panículas na composição total das plantas possuem melhor qualidade nutricional.

Para característica de porcentagem do colmo na matéria seca observou-se efeito significativo de anos, densidades, cultivares e interações anos x cultivares, espaçamentos x densidades, espaçamentos x cultivares e densidades x cultivares (Tabela 19A).

A porcentagem de folhas na matéria seca foi afetada pelos anos agrícolas, densidades, cultivares e interações anos x densidades, anos x cultivares e anos x densidades x cultivares (Tabela 19A).

Considerando as porcentagens de panículas, verificou-se efeito significativo dos anos, espaçamentos, cultivares e interações anos x espaçamentos, espaçamentos x cultivares, densidades x cultivares e anos x cultivares (Tabela 19A).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) para as três características foi considerada boa, com valores inferiores a 18%.

A interação anos x cultivares teve efeito significativo para os três componentes da matéria seca total (Tabela 7). Pode-se constatar, neste estudo, que a SHS 500 teve maior porcentagem de colmo e a BRS 655 estava entre as cultivares de menor fração colmo na composição da matéria seca total da planta, independente do ano agrícola (Tabela 8).

TABELA 8 Porcentagem de colmo, folha e panícula na matéria seca total de cultivares de sorgo, em função dos anos agrícolas.

Componente	Cultivares	Médias	
		2006/07	2007/08
Colmo	1F305	47,86 bB	59,70 cA
	BRS 610	46,50 bB	54,07 bA
	SHS 500	71,33 aA	65,84 aB
	BRS 655	44,82 bB	39,23 dA
Folha	1F305	21,51 aB	24,9 aA
	BRS 610	20,87 aB	24,40 aA
	SHS 500	13,20 cB	16,27 bA
	BRS 655	18,34 bA	17,30 bA
Panícula	1F305	30,64 bA	13,31 cB
	BRS 610	32,64 bA	21,53 bB
	SHS 500	16,46 cA	17,89 cA
	BRS 655	36,84 aB	43,47 aA

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A maioria das cultivares apresentou maior porcentagem de colmo em 2007/08 (Tabela 8). A exceção foi a SHS 500, que teve menor participação de colmo neste período.

Os resultados anteriores demonstraram que a SHS 500 apresentou maior altura das plantas, maior produção de matéria seca, maior porcentagem de plantas acamadas e maior porcentagem de colmo. A altura da planta pode estar correlacionada positivamente com a produção de matéria natural e matéria seca. Entretanto, geralmente, apresentam também correlação positiva com a porcentagem de colmo e com a porcentagem de acamamento, características pouco desejáveis para a produção eficiente de forragem (Corrêa et al., 1996).

Analisando os efeitos dos anos e das cultivares na porcentagem de folha na matéria seca total das plantas, as cultivares 1 F305 e BRS 610 apresentaram maiores valores, independente dos anos de experimentação (Tabela 8).

No segundo ano agrícola, a interação anos x cultivar demonstrou que não houve diferença significativa entre as cultivares SHS 500 e BRS 655 para porcentagem de folhas, ao contrário do que ocorreu em 2006/07, quando a SHS 500 apresentou menores porcentagens (Tabela 8).

Em 2007/08, registraram-se maiores porcentagens de folhas para a maioria das cultivares. Apenas a cultivar BRS 655 não teve a porcentagem de folhas afetada pelos anos agrícolas (Tabela 8).

Foram observados maiores teores de panículas na matéria seca total das plantas para a cultivar BRS 655, nos dois anos agrícolas (Tabela 8). Ao contrário, a cultivar SHS 500 teve menor participação de panículas na matéria seca total, nos dois anos de experimentação.

Nas cultivares BRS 610 e 1 F305, foram verificadas reduções expressivas na porcentagem de panícula na MS em 2007/08. Esta característica está relacionada com a produção de grãos. A escolha de cultivares de maior produção de grãos tem sido critério amplamente utilizado na escolha de cultivares de milho ou de sorgo para a produção de silagem (Hunter, 1978; Penati, 1995).

A alteração dos componentes estruturais da planta, nos dois anos agrícolas, já era esperada. Essa diferença pode ser justificada pelas condições ambientais a que as cultivares foram expostas, durante os experimentos. Oliveira et al. (2005) relataram resultados diferentes dos do presente trabalho, tendo a cultivar BRS 610 apresentando 58,17% de panículas, 27,37% de folhas e 14,06% de colmo na matéria seca total.

Avaliando a composição física da planta de diferentes híbridos de sorgo, Neumann et al. (2003) verificaram valores para os componentes de 28,2 a 48,1 % de colmos; 25,2 a 32,7% de folhas e 22,6 a 45,6% de panículas.

Foi obtida relação linear significativa para a porcentagem de colmo na matéria seca total das plantas, em função das densidades de semeadura nos espaçamentos 50 e 90 cm (Figura 10). Em ambas as situações, o R^2 foi superior a 96%, entretanto, a relação foi inversa para cada espaçamento. A partir de 100 mil plantas ha^{-1} , constatou-se acréscimo de 0,053% para cada aumento de mil plantas no espaçamento 50 cm (Figura 10). Já no espaçamento 90 cm, verificou-se decréscimo de 0,077% de colmo na matéria seca total com aumento de mil plantas por hectare (Figura 10).

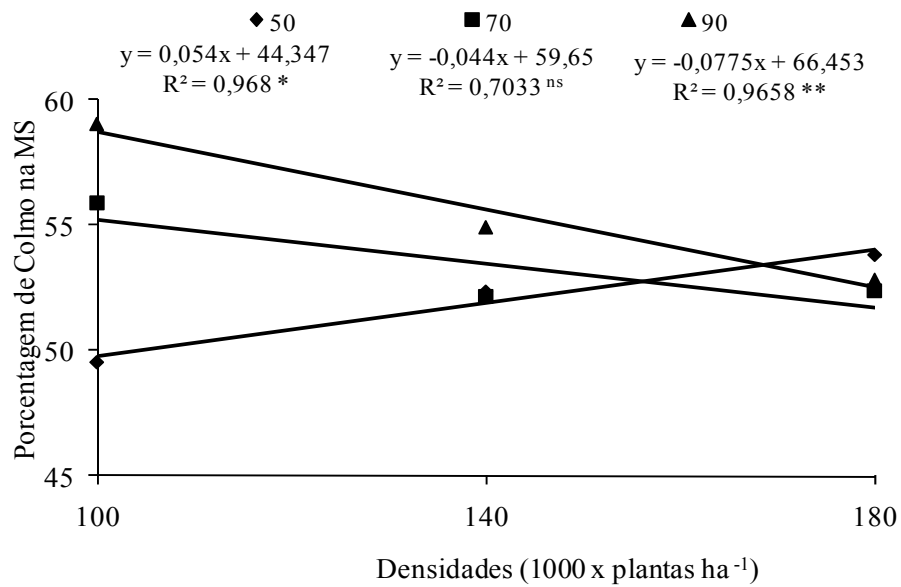


FIGURA 10 Representação gráfica das equações de regressão para a porcentagem de colmo, em função das densidades nos diferentes espaçamentos. *, ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade. ns Não significativo.

Dourado Neto et al. (2003), avaliando diferentes arranjos de plantas na cultura do milho, verificaram que, sob altas populações, independente do genótipo, o diâmetro do colmo aumentou com a redução do espaçamento, mas, para menores populações, foi observada redução do diâmetro de colmo sob redução do espaçamento. Ainda neste trabalho, a redução da população de plantas, independentemente dos genótipos e espaçamentos utilizados, resultou em aumento no diâmetro do colmo.

Possivelmente, alterações no diâmetro ou no comprimento colmo foram as principais características morfológicas afetadas pelo arranjo das plantas.

Para o percentual de colmo na matéria seca das plantas, em função dos espaçamentos adotados, constatou-se que as cultivares SHS 500 e BRS 601 apresentaram relações lineares significativas (Figura 11). Os coeficientes de determinação (R^2) encontrados foram de 99% e 100%, ou seja, pode-se concluir que os espaçamentos adotados explicam a maioria das variações nas porcentagens de colmo nestes genótipos.

Verificou-se, para cada aumento de um centímetro no espaçamento entre fileiras, acréscimo de 0,014% de porcentagem de colmo na matéria seca total da cultivar SHS 500 (Figura 11). Entretanto, para a cultivar BRS 610, verificou-se comportamento diferente, ou seja, para cada aumento de um centímetro no espaçamento entre fileiras, houve decréscimo de 0,20% de porcentagem de colmo na matéria seca total.

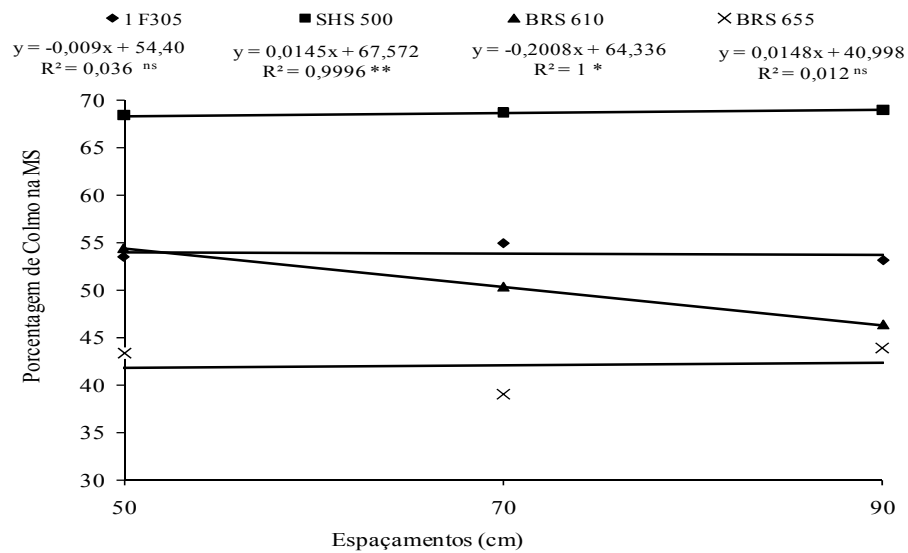


FIGURA 11 Representação gráfica das equações de regressão para a porcentagem de colmo, em função das cultivares. *; ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade. ns Não significativo.

Foi obtida relação quadrática significativa para porcentagem de folhas na matéria seca das cultivares de sorgo forrageiro, em função da densidade de semeadura no ano 2006/07 e relação linear significativa em 2007/08, sendo os coeficientes de determinação de 100% e 97,4%, respectivamente (Figura 12).

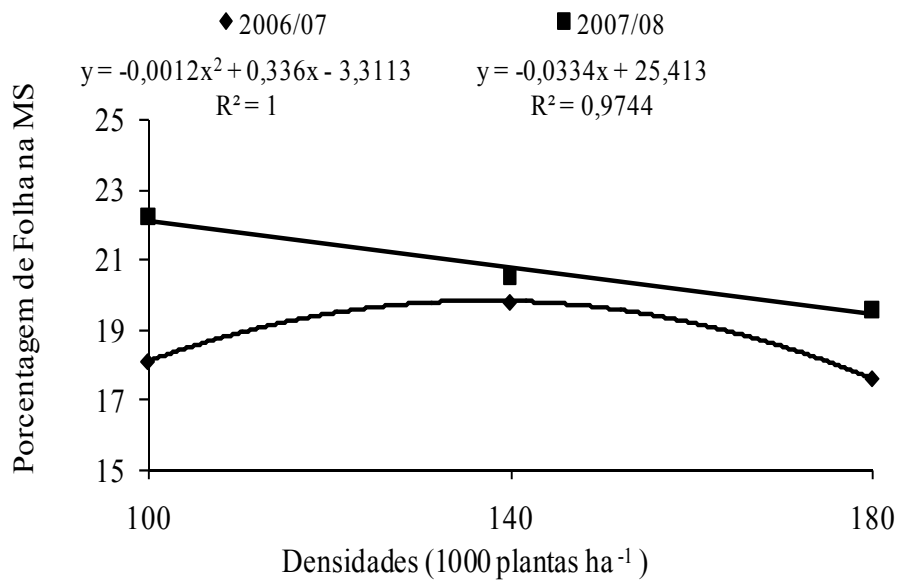


FIGURA 12 Representação gráfica das equações de regressão para a porcentagem de folhas, em função das densidades, nos dois anos de avaliação. *, ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

No primeiro ano, houve decréscimo na porcentagem de folhas até a densidade de 162 mil plantas ha⁻¹, atingindo-se 24,90%. A partir daí, com o aumento da densidade, ocorreu redução na porcentagem de folhas na matéria seca. No segundo ano de experimentação, constatou-se decréscimo de 0,033% na proporção de folhas na MS, para cada aumento de mil plantas por hectare (Figura 12).

Foi obtida relação linear significativa para a porcentagem de panículas na matéria seca total das plantas, em função dos espaçamentos apenas para cultivar BRS 610 (Figura 13). Verificou-se, para cada aumento de um centímetro no espaçamento entre fileiras, acréscimo de 0,235% de porcentagem de panículas na matéria seca desta cultivar (Figura 13).

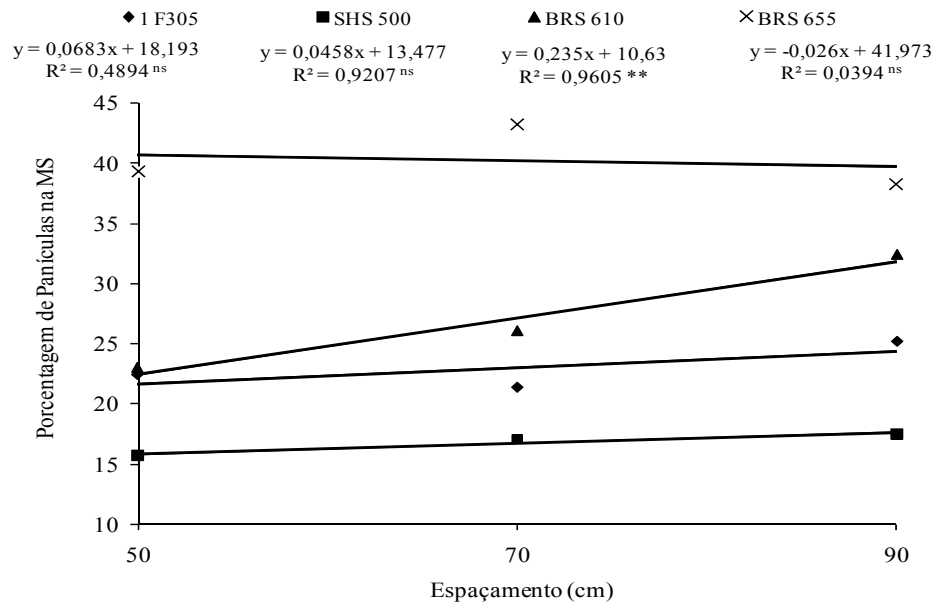


FIGURA 13 Representação gráfica das equações de regressão para a porcentagem de panícula, em função dos espaçamentos e cultivares avaliadas. ** Significativo, a 1% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

Entre as cultivares avaliadas a BRS 610 e BRS 655 foram as que apresentaram maiores porcentagens de panículas (>30%) na matéria seca das plantas independente dos espaçamentos e densidades avaliadas, sendo este um forte indicativo da qualidade da forragem (Figuras 13 e 14).

Segundo Neumann et al. (2002) maiores valores nutritivos são observados em sorgo duplo propósitos quando comparados com sorgo forrageiros devido a maior porção de panículas na matéria seca total. Devido ao fato de os produtores procurarem maximizar o ganho de peso ou a produção de leite ao longo do período de confinamento, o mercado tende a lançar híbridos de sorgo que apresentem valor biológico (menor concentração de FDN e

quantidade de grãos presente na matéria seca maior que 30%) superior aos presentes no mercado (Chiesa et al., 2008).

O aumento da densidade de semeadura na cultivar BRS 610 teve efeito na redução da porcentagem de panículas. Para cada aumento de mil plantas por hectare, notou-se um decréscimo de 0,09% de porcentagem de panículas na matéria seca desta cultivar (Figura 14).

A mesma tendência de diminuição da porcentagem de espigas de milho em relação à matéria seca total das plantas com o aumento da população foi relatada por Dourado Neto et al. (2003).

Os inúmeros fatores e processos que atuam para o rendimento de grãos e panículas no sorgo são relacionados com a interceptação de luz pela folhas, eficiência metabólica das plantas, eficiência de translocação de fotossintatos das folhas e colmos para os grãos em crescimento e capacidade de dreno (Taiz & Zeiger, 2004). O excesso de plantas na linha de semeadura aumentam a concorrência por água e luz nas plantas prejudicando a translocação de fotoassimilados para os grãos diminuindo assim a porcentagem de panículas na matéria seca total do sorgo.

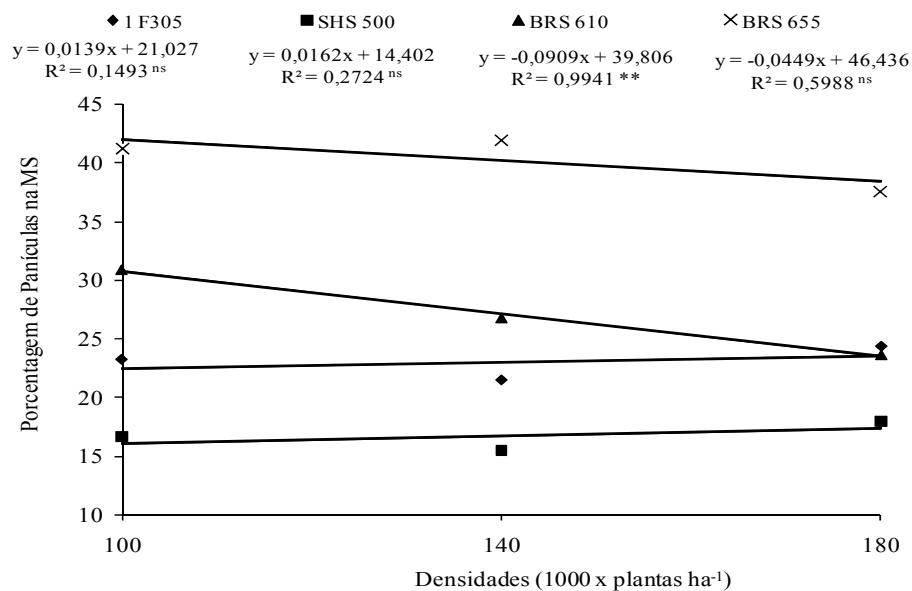


FIGURA 14 Representação gráfica das equações de regressão para a porcentagem de panícula, em função das densidades e cultivares avaliadas. ** Significativo, a 1% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

5.5 Proteína bruta

Para porcentagem de proteína bruta, foi observado efeito significativo para ano agrícola e interação cultivar x ano (Tabela 20A). Em 2006/07, registrou-se 8,34% de proteína bruta, considerando a média de todas as cultivares. No ano posterior ocorreu redução dos teores de proteína bruta para 7,69%. Esses resultados evidenciam que a melhor distribuição das precipitações em 2006/07 favoreceu o melhor valor nutricional do sorgo. No entanto, apenas a cultivar SHS 500 apresentou redução significativa nos teores de proteína bruta, em 2007/08 (Tabela 9).

TABELA 9 Resultados obtidos para porcentagem de proteína bruta, em função dos anos agrícolas e cultivares.

Cultivares	Proteína bruta		
	Ano 2006/07	Ano 2007/08	Médias
1F305	7,68 aA	7,24 bA	7,46
BRS 610	8,32 aA	8,17 aA	8,24
SHS 500	8,21 aA	6,46 bB	7,34
BRS 655	9,16 aA	8,92 aA	9,04
Médias	8,34	7,69	8,02

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Os grupos de cultivares apresentaram comportamento diferenciado nos dois anos de avaliação. No primeiro ano agrícola não houve diferenças entre as cultivares quanto às porcentagens de proteína bruta.

Comparando-se os grupos de cultivares no experimento conduzido em 2007/08, constatam-se, para BRS 655 e BRS 610, maiores porcentagens de proteína bruta. A maior porcentagem de panícula na matéria seca nessas cultivares favoreceu o aumento da proteína bruta. Pinho et al. (2007) também verificaram maiores teores de proteína bruta nas cultivares de sorgo com maior proporção de panículas na matéria seca.

As plantas de menor porte tendem a aumentar a participação de panículas na matéria seca, o que interfere positivamente no valor nutritivo da silagem (Araújo et al., 2002).

Os espaçamentos e as densidades de semeadura não afetaram a porcentagem de proteína bruta das cultivares de sorgo. Para a cultura do milho houve resultados diferentes. Neste trabalho, os espaçamentos afetaram, além do

rendimento forrageiro, a qualidade da silagem. No menor espaçamento (0,50 m) obtiveram-se maior rendimento de espigas, maior rendimento de matéria seca e proteína bruta.

5.6 Fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN)

Foi observado efeito significativo dos anos agrícolas e cultivares ($p \leq 0,01$) para os valores de FDN e FDA (Tabela 20A). Em ambas as situações, a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação apresentou valores menores que 16%.

As cultivares avaliadas no ano agrícola 2006/07 apresentaram menores valores de FDN e FDA (Tabela 10). Neste período, notaram-se valores médios de 54,49% de FDN e 31,12% de FDA. Já no segundo ano de experimentação, foram constatados valores de 59,51% de FDN e 36,14% de FDA. Resultados semelhantes aos obtidos no segundo ano de experimentação, para FDN, foram evidenciados por Melo et al. (1998) e Rezende (2001), com valores entre 60,4% e 60,98%.

O teor de FDN é o indicativo de quantidade total de fibra do volumoso, estando diretamente relacionado com o consumo dos animais; a FDA se relaciona com a digestibilidade do volumoso por apresentar maior proporção de lignina na fração digestível (Rosa et al., 2004). Relação negativa entre FDN e o consumo de MS e entre FDA e digestibilidade aparente foi relatada por Eifert (2000).

Os menores valores de FDN determinados em 2006/07 foram decorrentes da maior proporção de panículas e menores proporções de colmos e folhas na MS, relatadas anteriormente, tendo como consequência a redução na porcentagem de fibra da forragem. As maiores precipitações relatadas neste período contribuíram para melhor produção de grãos e, conseqüentemente, melhor qualidade da forragem.

TABELA 10 Valores médios para porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das cultivares de sorgo forrageiro.

Cultivares	FDN (%)	FDA (%)
BRS 655	49,96 a	28,83 a
BRS 610	55,79 b	32,27 b
1F305	59,71 c	35,06 c
SHS 500	62,53 d	38,37 d

Médias com mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para os teores de FDN variaram de 49,96% a 62,53% (Tabela 8), estando próximos dos dados reportados por Gomide (1987) e Gontijo Neto et al. (2004). Por outro lado, os teores de FDA oscilaram de 28,83% a 38,37% (Tabela 10), estando estes valores acima dos encontrados para outros genótipos de sorgo, por Gontijo Neto et al. (2004), que constataram de 25% a 31%.

De modo geral, os teores de FDN e FDA foram menores no genótipo BRS 655 e maiores para o SHS 500 (Tabela 10). Os teores de FDN e FDA aqui reportados caracterizam o genótipo BRS 655 como o de melhor qualidade nutricional. Esta cultivar apresentou menor porção de colmo na composição da matéria seca total da planta e maior quantidade de panículas. Com certeza, esta característica foi o principal fator responsável pelos menores teores de FDN e FDA deste material.

As características bromatológicas das forragens não foram influenciadas pelos espaçamentos e densidades adotados. Esses resultados corroboram os obtidos por Alvarez (2004) na cultura do milho submetido a diferentes espaçamentos e densidades de plantas.

6 CONCLUSÕES

- a) A redução do espaçamento entre fileiras propicia maior produtividade de matéria seca na cultivar SHS 500 em função das condições climáticas prevalentes no ano agrícola.
- b) A produtividade de matéria seca das cultivares BRS 655, BRS 610 e 1F305 não são afetadas pela redução do espaçamento entre fileiras.
- c) O aumento da densidade de semeadura proporciona redução na produtividade de matéria seca e maior acamamento de plantas.
- d) Os espaçamentos e densidades avaliados não têm efeito na qualidade da forragem.
- e) Considerando as produtividades de matéria seca, teores de proteína bruta, FDN e FDA, a cultivar BRS 655 é mais indicada para a produção de forragem, independente dos espaçamentos e densidades avaliados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, C.G.D. **Espaçamento e densidade de plantas na produção de forragens e de grãos na cultura do milho**. 2004. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 7.ed. Saint Paul: AACC, 1976. 256p.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Avaliação agronômica de três híbridos de sorgo (BR 700, BR 701 e MASSA 03) colhidos em cinco diferentes estádios de maturação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

BAUMHARDT, R.L.; HOWELL, T.A. Seeding Practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, n.3, p.462-470, Apr. 2006.

CHIESA, E.D.; ARBOITTE, M.Z.; BRONDANI, I.L.; MENEZES, L.F.G de; RESTLE, J.; SANTI, M.A.M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, jan. 2008.

CLEMENTE, A.L.; MUNIZ, J.A. Avaliação do coeficiente de variação em Experimentos com gramíneas forrageiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.197-203, jan./fev. 2002.

COELHO, A.M. **A cultura do sorgo no Norte de Minas: resultados experimentais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1983. (Boletim Técnico, 6).

CORRÊA, C.E.S. **Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação**. 1996. 121 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária)-Escola de Veterinária da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, set./dez. 2003.

EIFERT, E.C. **Silagens de sorgo e de triticale associados a níveis de concentrado para alimentação de terneiros de corte desmamados precocemente**. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1608-1615, nov./dez. 2000.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; CECON, A.C.Q.; ZAGO, C.P.; CANDIDO, M.J.D.; MIRANDA, L.F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1975-1984, nov./dez. 2004.

GRIMA, F.S.; KRIEG, R. Osmotic adjustment in sorghum 1, mechanisms of diurnal osmotic potential changes. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.99, n.2, p.577-582, June 1992.

HUNTER, R.B. Selection and evaluation procedures for whole plant corn silage. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.58, n.6, p.661-678, Oct./Dec. 1978.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado técnico, 87).

MARTINS, R.G.R. **Consumo e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em ovinos**. 2000. 45 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

MELO, W.M.C.; PINHO, R.G.von.; CARVALHO, M.L. M. Avaliação de cultivares de milho, para produção de silagem na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p.31-39, jan./mar. 1999.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G. de; FREITAS, A.K. de. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p. 293-301, jan./fev. 2002. Suplemento.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NORBERG, L.J.; MELLO, R.O.; PELLEGRINI, L.G.; SOUZA, A.N.M. de. Comportamento produtivo e custo de produção de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH) para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.43-54, maio/ago. 2003.

OLIVEIRA, L.B. **Produção e valor nutritivo de diferentes espécies forrageiras e de suas respectivas silagens**. 2008. 46 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

OLIVEIRA, R. de P.; FRANÇA, A.F. de S.; RODRIGUES FILHO, O.; OLIVEIRA, E.R de; ROSA, B.; SOARES, T.V.; MELLO, S.Q.S. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.1, p. 45-53, jan./jun. 2005.

PAIVA, L.E. **Influência de níveis de nitrogênio, espaçamento e densidade no rendimento forrageiro e qualidade da silagem milho (*Zea mays* L.)**. 1992. 81 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PENATI, M.A. **Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* L.) com a produção, digestibilidade e o teor de matéria seca da planta**. 1995. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

PHOLSEN, S.; SUKSRI, A. Effects of phosphorus and potassium on growth, yield and fodder quality of IS 23585 Forage Sorghum Cultivar (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Thailand, v.10, n.10, p.1604 -1610, May 2007

PINHO, R.G., VASCONCELOS, R.C. de; BORGES, I.D., RESENDE, A.V. Produtividade e qualidade de silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, 2007.

RESENDE, J.A. **Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RESENDE, S.G., PINHO, R.G.V., VASCONCELOS, R.C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.34-42, maio/ago. 2003.

ROCHA JUNIOR, V.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; BRITO, A.F.; RODRIGUES, N.M.; BORGES, I. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para produção de silagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.5, out.. 2000.

ROSA, J.R.P.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S. da; PASCOAL, L.L.; PACHECO, P.S.; FATURI, C.; SANTOS, A.P. dos. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) por meio do desempenho de bezerros confinados em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.4, p.1016-1028, Jul./Ago. 2004.

ROSOLEM, C.A.; KATO, S.M.; MACHADO, J.R.; BICUDO, S.J. Nitrogen redistribution to sorghum grains as affected by plant competition. **Plant and Soil**, Holanda, v.155-156, n.1, p.199-202, Oct.1993.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for groupnig means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, jul./set. 1974.

SILVA, P.S.L; BARBOSA,Z; SOUZA, R.J; SILVA, P.I.B; NUNES, G.H.S. Sample size for the estimation of some sorghum traits. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.149-160, maio/ago. 2005.

SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

SOEST, P.J.van; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, Oct. 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

WILLIAMS, S. **Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists**. Virgínia: Association of Official Analytical Chemists, 1970. 1015p.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas, 1992. n.17, p.9-26, 1992.

ANEXOS

		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.....	109
TABELA 2A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.....	109
TABELA 3A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.....	110
TABELA 4A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.....	110
TABELA 5A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.....	111

TABELA 6A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.....	111
TABELA 7A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos no ano agrícola de 2006/07.....	112
TABELA 8A	Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos no ano agrícola de 2007/08.....	113
TABELA 9A	Resumo das análises de variância conjunta para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.....	114
TABELA 10A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.....	115

TABELA 11A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.....	116
TABELA 12A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.	117
TABELA 13A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.....	118
TABELA 14A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em	

	detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.....	119
TABELA 15A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.	120
TABELA 16A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA) matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos, no ano agrícola de 2006/07.....	121
TABELA 17A	Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA) matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos, no ano agrícola de 2007/08.	122

TABELA 18A	Resumos das análises de variância conjunta para altura de plantas (AP), porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de matéria seca (MS), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08...	123
TABELA 19A	Resumos das análises de variância conjunta para participação de colmo (CO), folhas (FO) e panículas (PAN), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.....	124
TABELA 20A	Resumos das análises de variância conjunta para proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.....	125

TABELA 1A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,02	0,35	0,87	7,19
Cultivares (C)	3	0,17 *	2,39 *	4,29 **	69,58 **
Densidades (D)	2	0,00	0,77	0,53 **	2,19
C x D	6	0,06	1,84 *	0,98	2,08
Erro	22	0,20	0,64	0,28	2,47
Média geral		1,42	10,52	27,77	58,86
C.V. (%)		6,66	7,60	8,87	2,67

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 2A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,03	0,46	0,14	1,44
Cultivares (C)	3	0,12 **	0,48	1,63 **	62,30 **
Densidades (D)	2	0,00	1,47	0,03	4,11
C x D	6	1,16	1,18	0,48 *	7,30
Erro	22	0,00	0,77	0,18	3,90
Média geral		1,37	9,44	4,87	59,11
C.V. (%)		4,65	9,28	8,70	3,34

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 3A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,00	0,23	0,19	2,77
Cultivares (C)	3	0,21 **	2,07 *	3,53 **	61,22 **
Densidades (D)	2	0,02	2,07 *	0,50	19,69 **
C x D	6	0,00	0,17	0,08	4,47 *
Erro	22	0,01	0,48	0,25	1,32
Média geral		1,40	8,98	4,41	59,61
C.V. (%)		6,88	7,67	11,44	2,60

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 4A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,00	0,04	0,04	0,44
Cultivares (C)	3	0,01 *	1,99 **	1,22 **	28,26 **
Densidades (D)	2	0,00	3,15 **	0,62 *	0,03
C x D	6	0,00	0,73	0,46 **	1,84
Erro	22	0,00	0,26	0,07	1,17
Média geral		1,25	4,06	1,97	66,61
C.V. (%)		4,66	14,83	13,74	3,11

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 5A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,00	0,24	0,11	5,33
Cultivares (C)	3	0,01**	6,32 **	4,39 **	6,26 *
Densidades (D)	2	0,00	0,61	0,01	2,33
C x D	6	0,00	0,30	0,52 *	4,93
Erro	22	0,00	0,36	0,13	2,42
Média geral		1,25	4,29	2,14	65,50
C.V. (%)		3,03	13,98	16,86	2,38

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 6A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG(t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,00	0,17	0,00	1,78
Cultivares (C)	3	0,02 *	1,71 **	0,53 *	16,63 **
Densidades (D)	2	0,00	1,50 **	0,83 **	0,11
C x D	6	0,00	0,32	0,36 *	2,07
Erro	22	0,00	0,16	0,08	1,78
Média geral		1,26	2,73	1,02	66,28
C.V. (%)		3,48	14,81	26,92	2,01

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 7A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Bloco	2	0,00	0,48	0,67	0,36
Densidade (D)	2	0,00	0,04	0,47	19,19 **
Espaçamento (E)	2	0,02	22,27 **	23,62 **	5,25
Cultivar (C)	3	0,47 *	2,07 *	8,60 **	175,29 **
C x D	6	0,00	1,44 *	0,55 *	6,37 *
E x C	6	0,01	1,43 *	0,43	8,90 **
E x D	4	0,01	2,13 *	0,29	3,40
E x D x C	12	0,01	0,87	0,50 *	3,74
Erro	70	0,01	0,61	0,24	2,73
Média geral		1,40	9,65	5,10	59,19
C.V. (%)		6,53	8,07	9,63	2,80

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 8A Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Bloco	2	0,00	0,28	0,06	1,04
Densidade (D)	2	0,00	3,49 **	0,88 **	1,23
Espaçamento (E)	2	0,00	25,35 **	13,09 **	11,70 **
Cultivar (C)	3	0,02 **	8,05 **	4,45 **	31,96 **
C x D	6	0,01 *	0,26	0,15	0,71
E x C	6	0,00	0,99 **	0,85 **	9,59 **
E x D	4	0,00	0,89 *	0,29 *	0,62
E x D x C	12	0,00	0,55 *	0,60 **	4,06 *
Erro	70	0,00	0,28	0,09	1,87
Média geral		1,25	3,69	1,71	66,13
C.V. (%)		3,87	14,40	17,59	2,10

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 9 A Resumo das análises de variância conjunta para altura de plantas (AP), produtividade de panículas (PP), produtividade de grãos (PG) e florescimento (flor), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

FV	GL	QM			
		AP (m)	PP (t ha ⁻¹)	PG (t ha ⁻¹)	Flor (dias)
Blocos	2	0,00	0,56	0,52	1,31
Anos (A)	1	1,13 **	1917,93 **	617,26 **	2597,23 **
Espaçamentos (E)	2	0,01	38,83 **	29,16 **	7,64
Densidades (D)	2	0,00	1,43 *	1,26 **	6,17
Cultivares (C)	3	0,34 **	3,14 **	5,54 **	139,36 **
A x E	2	0,01	8,80 **	7,55 **	9,31
A x D	2	0,00	2,10 *	0,08	14,25 **
A x C	3	0,15 **	6,99 **	7,51 **	67,89 **
E x D	6	0,01	1,81 *	0,81 **	11,17
E x C	4	0,00	0,83	0,46 *	1,71
D x C	6	0,01	0,93	0,43 *	3,03
A x E x D	4	0,01	1,22 *	0,13	2,32
A x E x C	6	0,01	1,59 **	0,47 *	7,33
A x D x C	6	0,00	0,78	0,27	4,05
E x D x C	12	0,01	0,69	0,75 **	4,29
A x E x D x C	12	0,00	0,73	0,34	3,52
Erro	142	0,01	0,44	0,17	2,27
C V %		5,50	9,96	11,98	2,41
Média		1,33	6,67	3,40	62,66

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 10A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,04	0,26	37,16	3,63	2,58	0,55	0,57	25,75	41,39
Cultivares (C)	3	0,80 **	53,91 **	1093,85 **	1322,65**	146,13 **	665,92 **	4,45	183,59	312,60 **
Densidades (D)	2	0,04	1,09	47,99	174,23	20,03	179,59 *	2,16	8,87	5,87
C x D	6	0,01	6,14 *	18,89	152,82	16,14	101,04	3,91	14,43	13,68
Erro	22	0,05	1,95	21,46	68,50	8,77	46,17	2,86	27,21	27,45
Média geral		3,36	43,44	22,86	52,54	19,49	27,96	7,90	31,80	53,84
C.V. (%)		6,39	3,21	20,26	15,75	15,20	24,30	21,41	16,40	9,73

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

TABELA 11A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,19	56,72	7,44	15,69	5,54	4,67	2,86	70,35	22,55
Cultivares (C)	3	0,88 **	6210,21 **	852,41 **	17,24 **	131,53 **	1099,55 **	3,99	137,29 **	204,57 **
Densidades (D)	2	0,05	2425,16 **	35,70	20,67	14,45	27,34	2,06	14,58	41,24
C x D	6	0,07	654,70	15,54	58,11	18,23	48,02	5,85	65,66	53,47
Erro	22	0,08	258,89	15,40	78,55	11,88	45,96	5,80	23,04	26,93
Média geral		3,40	25,83	19,71	53,20	19,27	27,54	8,54	33,16	56,17
C.V. (%)		8,36	62,28	19,91	16,66	17,89	24,62	28,21	14,48	9,24

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 12A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,01	0,14	34,58	138,73	6,20	93,60	2,29	24,37	15,76
Cultivares (C)	3	0,81	72,07 **	283,46 **	1440,93 **	111,42 **	806,54 **	12,06	146,51	396,91 **
Densidades (D)	2	0,22	13,87 *	10,40	135,80 **	21,21	51,09	4,58	4,11	2,42
C x D	6	0,11	10,38 *	24,34	55,28 *	9,35	35,37	6,12	12,30	14,72
Erro	22	0,07	3,31	15,73	19,88	14,01	22,75	4,43	55,62	33,89
Média geral		3,26	3,98	17,08	52,15	16,68	31,18	8,60	26,25	53,45
C.V. (%)		8,39	45,78	23,23	8,55	22,44	15,30	24,47	36,41	10,89

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 13A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 50 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,18	0,30	13,01	22,49	8,96	57,21	3,24	41,71	25,97
Cultivares (C)	3	0,37 **	2,04 **	48,23 **	961,80 **	204,95 **	1672,06 **	3,90	312,63 **	183,80 *
Densidades (D)	2	0,09	0,19	73,91 **	440,38 **	103,19 **	120,23 **	1,09	5,96	8,88
C x D	6	0,01	0,59	5,70	279,62 **	44,51 **	117,27 **	1,64	13,68	14,54
Erro	22	0,04	0,36	3,68	23,99	9,40	16,39	4,60	27,48	27,16
Média geral		2,20	1,32	10,30	57,11	20,78	22,10	7,10	58,86	36,82
C.V. (%)		9,65	45,68	18,63	8,58	14,75	18,31	30,21	8,90	14,14

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 14A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 70 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,06	0,18	1,15	4,41	38,12	49,02	4,95	70,12	22,55
Cultivares (C)	3	0,87 **	28,40 **	38,16	1248,21 **	291,23 **	1681,77 **	20,85 **	137,91 **	205,05 **
Densidades (D)	2	0,06	7,47 *	218,53 **	64,98	7,66	36,16	3,72	14,69	41,56
C x D	6	0,05	3,21	15,28	266,69 **	30,09	146,95 *	13,63 **	65,48 *	53,59
Erro	22	0,04	1,93	24,40	68,49	31,70	53,91	2,29	23,09	26,98
Média geral		2,33	2,25	12,62	53,11	20,70	26,19	7,53	38,17	61,19
C.V. (%)		8,67	61,80	22,14	15,58	27,20	27,96	20,10	12,59	8,49

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 15A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA), matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), para o experimento em que foi utilizado espaçamento de 90 cm entre linhas, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Blocos	2	0,47 **	0,73	80,16	9,35	19,83	2,09	2,29	24,68	16,59
Cultivares (C)	3	0,47 **	14,55	18,40	1422,44 **	146,21 **	1243,33 **	3,41	145,95	395,99 **
Densidades (D)	2	0,00	0,24	170,27 *	64,92	4,15	49,93	0,74	4,14	2,36
C x D	6	0,02	1,26	7,67	58,51	29,46	14,74	5,28	12,36	14,63
Erro	22	0,04	4,14	33,32	69,96	16,63	59,13	6,19	54,90	33,79
Média geral		2,05	1,76	12,40	53,90	20,74	25,35	7,70	33,44	58,47
C.V. (%)		10,07	115,52	26,54	15,52	19,66	30,33	32,31	22,16	9,94

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 16A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA) matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos, no ano agrícola de 2006/07.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Bloco	2	0,08	1,74	29,83	44,32	3,11	28,87	0,77	1,60	13,56
Densidade (D)	2	0,21 *	21,50 **	72,35 *	86,35	48,12 *	66,58	0,07	8,98	10,08
Espaçamento (E)	2	0,20	7,92	302,34 **	10,16	88,01 **	142,26 *	5,37	214,58 *	77,60
Cultivar (C)	3	2,36 **	194,86 **	1980,09 **	4240,36 **	384,39 **	2345,32 **	10,10	443,71 **	800,46 **
C x D	6	0,07	17,23 **	7,66	192,24 *	36,91 *	115,41 *	5,32	11,85	56,82
E x C	6	0,07	3,00	124,81 **	123,92	2,34	113,34 *	5,21	42,67	17,78
E x D	4	0,05	5,64	10,88	122,18	3,78	95,71 *	4,37	9,29	19,73
E x D x C	12	0,07	3,38	25,56	36,99	3,41	34,51	5,28	25,36	32,05
Erro	70	0,07	2,56	17,94	55,71	11,22	38,11	4,26	36,67	29,63
Média geral		3,34	3,75	19,88	52,63	18,48	28,89	8,35	31,12	54,49
C.V. (%)		7,80	42,59	18,30	14,18	18,12	21,37	24,72	19,46	9,99

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 17A Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP), plantas acamadas (PA) matéria seca (MS), porcentagens de colmo (CO), folhas (FO), panículas (PAN), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), envolvendo os três experimentos (espaçamentos) conduzidos, no ano agrícola de 2007/08.

FV	GL	QM								
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)	CO (%)	FO (%)	PAN (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)
Bloco	2	0,25	0,33	60,54	16,07	57,19	78,37	3,66	1,70	13,85
Densidade (D)	2	0,07	2,56	437,18 **	181,42 *	65,84 *	29,25	0,02	9,16	10,40
Espaçamento (E)	2	0,67 **	7,80 *	59,25	161,88 *	0,06	167,61 *	3,44	214,14 *	77,41
Cultivar (C)	3	1,62 **	37,02 **	95,06 **	3497,64 **	570,52 **	4471,85 **	15,87 *	443,84 **	800,58
C x D	6	0,03	2,70	3,79	124,53 *	25,61	50,61	8,22	41,84	18,09 **
E x C	6	0,04	3,99	4,86	67,40	35,93	62,65	6,14	11,91	56,54
E x D	4	0,04	2,67	12,77	194,43 **	24,59	88,54	2,77	9,27	19,75
E x D x C	12	0,03	1,18	12,43	240,15 **	39,23 *	114,18 **	6,17	25,27	31,91
Erro	70	0,05	2,05	20,26	51,63	18,42	41,44	4,31	36,45	29,65
Média geral		2,19	1,77	11,77	54,71	20,74	24,55	7,45	36,14	59,51
C.V. (%)		10,53	80,60	21,23	13,13	20,69	26,22	27,87	16,70	9,15

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 18A Resumos das análises de variância conjunta para altura de plantas (AP), porcentagem de plantas acamadas e quebradas (PA) e produtividade de matéria seca (MS), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

FV	GL	QM		
		AP (m)	PA (%)	MS (t ha ⁻¹)
Blocos	2	0,07	1,40	18,53
Anos (A)	1	71,12 **	211,31 **	3551,61 **
Espaçamentos (E)	2	0,80 **	14,92 **	67,20 *
Densidades (D)	2	0,26 *	13,94 **	358,60 **
Cultivares (C)	3	3,80 **	196,63 **	851,36 **
A x E	2	0,07	0,80	294,39 **
A x D	2	0,03	10,12 *	150,92 **
A x C	3	0,18 *	35,25 **	1223,80 **
E x D	6	0,03	6,59 *	19,80
E x C	4	0,05	4,17	56,78 *
D x C	6	0,08	14,96 **	4,95
A x E x D	4	0,05	1,72	3,84
A x E x C	6	0,05	2,83	72,90 **
A x D x C	6	0,03	4,97 *	6,50
E x D x C	12	0,05	1,98	12,56
A x E x D x C	12	0,03	2,59	25,43
Erro	142	0,06	2,69	19,84
Média		2,77	46,96	15,83
CV %		9,11	34,61	18,14

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 19 A Resumos das análises de variância conjunta para participação de colmo (CO), folhas (FO) e panículas (PAN), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

FV	GL	QM		
		CO (g)	FO (g)	PAN (g)
Blocos	2	37,02	21,20	95,47
Anos (A)	1	233,90 *	276,62 **	1019,12 **
Espaçamentos (E)	2	72,82	44,18	188,78 **
Densidades (D)	2	247,93 *	60,13 *	86,75
Cultivares (C)	3	6650,42 **	888,83 **	5319,60 **
A x E	2	99,23	43,89	121,09
A x D	2	19,84	53,82 *	9,08
A x C	3	1087,58 **	66,08 **	1497,57 **
E x D	6	193,68 **	20,45	91,06
E x C	4	121,92 *	12,96	144,32 **
D x C	6	153,31 *	10,83	104,88 **
A x E x D	4	122,93	7,92	93,19
A x E x C	6	69,40	25,32	31,67
A x D x C	6	163,46	51,70	61,14
E x D x C	12	103,93	25,78	45,54
A x E x D x C	12	173,20	16,86	103,14
Erro	142	53,25	15,16	39,38
Média		53,67	19,61	26,72
CV %		13,60	16,86	17,48

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 20 A Resumos das análises de variância conjunta para proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), envolvendo todos os experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

FV	GL	QM		
		PB (%)	FDN (%)	FDA (%)
Blocos	2	3,88	27,41	3,29
Anos (A)	1	43,85 **	1361,68 **	1361,68 **
Espaçamentos (E)	2	8,62	65,01	48,73
Densidades (D)	2	0,04	20,48	18,15
Cultivares (C)	3	2,30	1601,05 **	887,55 **
A x E	2	0,19	0,00	0,00
A x D	2	0,04	0,00	0,00
A x C	3	22,97 **	0,00	0,00
E x D	6	2,86	39,47	18,56
E x C	4	4,42	73,36	23,76
D x C	6	10,63	35,87	83,50
A x E x D	4	4,28	0,00	0,00
A x E x C	6	6,93	0,00	0,00
A x D x C	6	2,91	0,00	0,00
E x D x C	12	4,18	63,95	50,63
A x E x D x C	12	7,27	0,00	0,00
Erro	142	4,23	29,22	36,04
Média		7,90	57,00	33,63
C V %		26,04	9,48	15,99

** - significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* - significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.