

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Ana Luiza Silva Carvalho

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO DE
SILAGEM**

**Diamantina
2017**

Ana Luiza Silva Carvalho

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO DE
SILAGEM**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos
Braz
Coorientadora: Profa. Dra. Janaina Azevedo
Martuscello e Profa. Dra. Márcia Vitória Santos

**Diamantina
2017**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C331s	<p>Carvalho, Ana Luiza Silva Seleção de genótipos de sorgo para produção de silagem / Ana Luiza Silva Carvalho, 2019. 80 p. : il.</p> <p>Orientador: Thiago Gomes dos Santos Braz</p> <p>Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia)</p> <p>- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.</p> <p>1. Composição bromatológica. 2. Índice Z. 3. Produção de massaseca. 4. Sorghum bicolor. I. Braz, Thiago Gomes dos Santos. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 633</p>
-------	--

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM

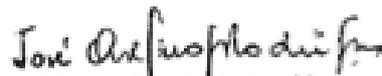
Bibliotecária Nádia Santos Barbosa, CRB-6/3468

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

Dissertação apresentada ao
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ZOOTECNIA - STRICTO SENSU,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MAGISTER SCIENTIAE EM
ZOOTECNIA

Orientador : Prof. Dr. Thiago Gomes
Dos Santos Braz

Data da aprovação : 16/11/2017



Prof. Dr. JOSE AVELINO SANTOS RODRIGUES - ESALQ/USP



Prof.ª Dr.ª JANAINA AZEVEDO MARTUSCELLO - UFSJ



Prof.ª Dr.ª MÁRCIA VITÓRIA SANTOS - UFVJM



Prof. Dr. THIAGO GOMES DOS SANTOS BRAZ - UFVJM

"Ainda se vier noites traiçoeiras
Se a cruz pesada for, Cristo estará contigo" (Padre Juarez de Castro)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele nada é possível. Aos meus pais, Roberto e Esmeraldina pelo apoio, amor incondicional e por me fazer acreditar que daria tudo certo. Ao meu irmão, Rodrigo pelos momentos de "descontração". Ao meu namorado, Eduardo, pela paciência nos momentos difíceis. Aos meus avós, tios, tias, primos, primas e amigos que entenderam nos momentos de ausência.

Ao meu orientador professor Thiago, obrigada por todos os ensinamentos transmitidos, paciência e apoio na condução deste trabalho. A minha coo-orientadora Janaína, obrigada por mais uma vez me orientar, pela paciência e ensinamentos, e por me fazer acreditar que eu era capaz e daria conta, nossa relação é muito mais que profissional.

A Universidade Federal de São João del-Rei, por mais uma vez abrir as portas para mim. Aos membros do GEFOR, sem vocês não seria possível conduzir o experimento, vocês tornaram muito mais fácil os dias pesados, vocês se esforçaram muito, sem vocês eu não conseguiria conduzir um experimento tão trabalhoso. Aos técnicos da Universidade Federal de São João del-Dei, Caio Monteiro e Elson Marcos, pelo auxílio e disponibilidade sempre que necessário.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela oportunidade de cursar um curso de mestrado. Aos professores do programa de pós-graduação em produção animal, os ensinamentos adquiridos foram muito válidos e irei levar para sempre.

Obrigada a Embrapa Milho e Sorgo e ao Dr. José Avelino por ceder os híbridos de sorgo para serem testados e a CAPES pelo financiamento do experimento realizado.

O meu muito obrigada a todos que contribuíram para que tudo fosse da melhor forma possível, muito obrigada mesmo, cada contribuição foi de extrema importância.

"Even if there are treacherous nights
If the heavy cross is, Christ will be with you "(Father Juarez de Castro)

RESUMO

O uso do sorgo na produção de silagem é crescente em função de características como elevada produção, menor exigência hídrica e menor exigência em fertilidade. Frente ao grande potencial desta forrageira, a Embrapa vem realizando estudos para o lançamento de novas cultivares, que devem ser avaliadas em diversas regiões do país para que seja feita a sua recomendação de utilização. Assim, o objetivo com o trabalho foi selecionar genótipos de sorgo por meio de características agronômicas e de valor nutritivo em dois anos. No experimento 1, 25 genótipos de sorgo silageiro foram avaliados e ranqueados quanto à resposta agronômica. Foram avaliados 21 híbridos experimentais e quatro cultivares no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Maiores valores de produção de massa seca total foram registrados para os híbridos 13F04006 e 13F02006 e para a cultivar Ponta Negra. Os híbridos experimentais 13F04006 e 13F02006 apresentaram massa seca de panículas de 2,930 t/ha, ao passo que o genótipo 14F21020 produziu 4,913 t/ha de panículas. As maiores alturas foram registradas para os híbridos experimentais 13F04006 e 13F03033, que também apresentaram alta taxa de acamamento. Nesse ensaio os híbridos experimentais que se destacaram quanto a precocidade foram 13F23005 e 14F21005, apresentando valores médios de 51,7 e 54,0 dias, respectivamente. Houve grande amplitude de variação para as porcentagens de folha, colmo e panícula que oscilaram entre 13,08 a 19,09, 49,14 a 74,90 e 7,07 a 32,64%, respectivamente. Os híbridos experimentais 13F03033, 13F04006 e as testemunhas Ponta Negra, Volumax e BRS610 se destacaram por apresentar maior produção total acumulada nos dois cortes e, também, maior produção no período de rebrota. Para a MSA, observou-se variação de 15,381 a 26,154 t/ha para os híbridos experimentais 14F20006 e 13F04006, respectivamente. No ranqueamento dos híbridos identificaram-se as plantas 14F21020, 13F23006, 13F26005, 14F21005, 13F04006 e 14F21021, como aquelas que consorciaram maior quantidade de características favoráveis à seleção. Sendo assim, os híbridos experimentais 14F21020, 13F23006 e 13F26005 apresentam desempenho e características superiores às das testemunhas avaliadas. No experimento 2, foi avaliada a produção e composição bromatológica de 10 genótipos de sorgo para produção de silagem durante o período de dois anos agrícolas. Foram avaliados 10 genótipos de sorgo, sendo que sete fazem parte do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e três são testemunhas comerciais. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2×10 , constituído por dois ambientes (dois anos de avaliação) e 10 genótipos de sorgo. Os valores de massa seca total variam de 10.844,8 a 21.031,3 kg/ha e a produção média foi de 16.776,3 kg/ha. Os

maiores valores de PPAN foram registrados para os híbridos 947072, 947216 e para a cultivar BRS 655. A produção de matéria seca total foi maior no primeiro ano (20.455,4 kg/ha) em relação ao segundo (13.097,2 kg/ha). Já a porcentagem de panículas foi maior no segundo ano, com valores de 9,75% e 13,78%, respectivamente. Na avaliação do efeito de genótipo dentro do ano para o florescimento variou de 44,7 a 71,7 no primeiro e de 44,7 a 73,7 dias, no segundo ano. Foi observado efeito significativo de híbrido experimental para as características fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e lignina. A variável proteína bruta também foi influenciada pelo ano de avaliação e pela interação entre genótipo e ano de avaliação. O híbrido experimental 1141570, destacou-se, por apresentar maior altura, aliada a uma boa produção de massa seca, quantidade de panículas, baixa taxa de acamamento e bom valor nutricional.

Palavras chave: Composição bromatológica. Índice Z. Produção de massaseca. *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

The use of sorghum in silage production is increasing due to characteristics such as high production, lower water requirement and lower fertility requirement. In view of the great potential of this forage, Embrapa has been carrying out studies to launch new cultivars, which should be evaluated in several regions of the country for its recommendation of use. Thus, the objective of the study was to select genotypes of sorghum by means of agronomic characteristics and nutritive value in two years. In experiment 1, 25 silage sorghum genotypes were evaluated and ranked for agronomic response. Twenty - one experimental hybrids and four cultivars were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. Higher dry mass production values were recorded for the hybrids 13F04006 and 13F02006 and for the cultivar Ponta Negra. Experimental hybrids 13F04006 and 13F02006 showed MSPan around 2.930 t / ha, while the genotype 14F21020 produced 4.913 t / ha of panicles. The highest heights were recorded for the experimental hybrids 13F04006 and 13F03033, which also presented a high lodging rate. In this test the experimental hybrids that stood out for precocity were 13F23005 and 14F21005, presenting average values of 51.7 and 54.0 days, respectively. There was a great amplitude of variation for the percentages of leaf, stem and panicle that oscillated between 13.08 to 19.09, 49.14 to 74.90 and 7.07 to 32.64%, respectively. The experimental hybrids 13F03033, 13F04006 and the Ponta Negra, Volumax and BRS610 hybrids stood out for presenting higher total accumulated production in the two cuts and also higher production in the regrowth period. For the MSA, variation from 15,381 to 26,154 t / ha was observed for the experimental hybrids 14F20006 and 13F04006, respectively. In the ranking of the hybrids the plants 14F21020, 13F23006, 13F26005, 14F21005, 13F04006 and 14F21021 were identified as those that consorted the greatest number of characteristics favorable to selection. Therefore, the experimental hybrids 14F21020, 13F23006 and 13F26005 present higher performance and characteristics than the evaluated controls. In experiment 2, the production and bromatological composition of 10 sorghum genotypes for silage production during the two - year agricultural period were evaluated. Ten sorghum genotypes were evaluated, seven of which are part of the breeding program of Embrapa Maize and Sorghum and three are commercial witnesses. The design was in randomized blocks in a 2×10 factorial scheme, consisting of two environments (two years of evaluation) and 10 sorghum genotypes. The values of total dry mass varied from 10,844.8 to 21,031.3 kg / ha and the average yield of MST was 16,776.3 kg / ha. The highest values of PPAN were recorded for hybrids 947072, 947216 and cultivar BRS 655. The total dry matter production was higher in the

first year (20455.4 kg / ha) than the second one (13097.2 kg / ha). The PPAN was higher in the second year, with values of 9.75% and 13.78%, respectively. In the evaluation of the genotype effect within the year for flowering time, there was variation from 44.7 to 71.7 in the first and from 44.7 to 73.7 days in the second year. A significant effect of experimental hybrid was observed for fiber characteristics in acid detergent, neutral detergent fiber and lignin. The crude protein variable was also influenced by the year of evaluation and by the interaction between genotype and year of evaluation. Experimental hybrid 1141570, due to its higher height, allied to good dry matter production, panicle size, low lodging rate and good nutritional value.

Key words: Chemical composition. Dry mass production. *Sorghum bicolor*. Z Index.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica (barras), temperatura mínima (linha pontilhada), temperatura média (linha sólida) e temperatura máxima (linha tracejada) do município de São João del-Rei – Minas Gerais/Brasil, durante o período experimental.....41
- Figura 2 – Precipitação pluviométrica (Prec.), temperatura mínima (Mín), temperatura média (Média) e temperatura máxima (Máx) do município de São João del-Rei – MG, durante o primeiro (A) e segundo (B) anos de avaliação.....66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias de características produtivas avaliadas em 25 genótipos de sorgo no período de safra em São João del Rei.....	46
Tabela 2 – Composição morfológica da forragem de 25 genótipos de sorgo avaliados no período de safra em São João del rei.....	48
Tabela 3 – Massa seca acumulada nos períodos de safra e na rebrota (MSA), massa seca de panícula acumulada nos períodos de safra e na rebrota (MSAPan), massa seca da rebrota (MSR) e porcentagem de rebrota avaliados em 25 genótipos de sorgo em São João del Rei.....	40
Tabela 4 – Ranqueamento, média padronizada, média fenotípica (entre parênteses), e índice Z dos genótipos sorgo avaliados no período de safra.....	52
Tabela 5 – Coeficiente de correlação simples (acima da diagonal) e parcial (abaixo da diagonal) entre as características agrônômicas utilizadas no índice de seleção.....	54
Tabela 6 – Altura média de genótipos de sorgosilageiroavaliadas na safra 2016 e 2017 em São João del Rei.....	69
Tabela 7 – Características agrônômicas de genótipos de sorgo para produção de silagem, ao longo das safras 2016 e 2017	70
Tabela 8 – Porcentagem de panículas (PPAN) e massa seca total (MST) de genótipos de sorgo avaliadosnas safras 2016 e 2017.....	72
Tabela 9 – Tempo necessário para o pleno florescimento de genótipos de sorgo avaliados nas safras 2016 e 2017	73
Tabela 10 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em genótipos de sorgo silageiro, nas safras de 2016 e 2017.....	74
Tabela 11 - Teor de proteína bruta em genótipos de sorgo silageiro, nas safras 2016 e 2017.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAM	Acamamento
ALT	Altura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FLORESC	Florescimento
LIG	Lignina
MSAPan	Massa Seca Acumulada de Panícula
MSPan	Massa Seca Panícula
MSREB	Massa Seca Recrota
MST	Massa Seca Total
PB	Proteína Bruta
PCOL	Porcentagem de Colmos
PFOL	Porcentagem de Folhas
PMOR	Porcentagem de Material Morto
PPAN	Porcentagem de Panículas

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	21
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1.O sorgo.....	23
2.2.Sorgo para produção de silagem	25
2.3. Melhoramento de sorgo	28
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

CAPÍTULO I: SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE GENÓTIPOS DE SORGO SILAGEIRO POR ÍNDICE Z.....

1.INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.CONCLUSÃO	57
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

CAPÍTULO II: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA SILAGEM.....

1.INTRODUÇÃO	63
2.MATERIAL E MÉTODOS	65
3.RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.CONCLUSÃO	77
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

A pecuária nacional possui sua base na alimentação a pasto, o que se deve à presença de condições climáticas favoráveis e ampla extensão territorial. Apesar da oferta de forragem em abundância durante o período das águas, a produção não é uniforme ao longo do ano em função da redução na disponibilidade dos fatores de crescimento como precipitação, temperatura e fotoperíodo durante a entressafra. Esse cenário implica na necessidade de se buscar alternativas para suprir as demandas do rebanho no período de escassez.

A ensilagem é a principal técnica utilizada para conservação e armazenamento de forragem e proporciona, mediante bom planejamento, quantidade satisfatória de alimento complementar de boa qualidade para utilização durante o período de escassez. Como parte dos procedimentos utilizados no manejo da ensilagem, temos a escolha da forrageira a ser conservada, que deve possuir características como boa produtividade e valor nutritivo, alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e adequado teor de umidade.

Diversas culturas têm sido utilizadas para a produção de silagem e, dentre elas, podemos destacar o sorgo (*Sorghum bicolor*), que se destaca pela maior tolerância à seca e menor exigência nutricional que culturas tradicionais ao processo de ensilagem. Esses fatores contribuem para reduzir o custo de produção e tornar a cultura mais atrativa perante os produtores que a tem adotado cada vez mais na produção de volumosos suplementares. Ademais, a silagem de sorgo possui de 85 a 95% do valor nutritivo da silagem de milho (SEIFFERT & PRATES, 1978; VALENTE et al. 1984).

A produção de sorgo para silagem recebe destaque especialmente nas regiões que possuem particularidades edafoclimáticas que limitam o potencial produtivo da cultura do milho, como é o caso das regiões semiáridas e daquelas mais sujeitas à ocorrência de veranicos (OLIVEIRA et al., 2002; PITOMBEIRA et al., 2002; NEUMANN et al., 2005). Sua utilização se concentra em regiões com elevadas temperaturas e de maior risco a limitações hídricas. Contudo, o sorgo tem grande inserção em toda a região tropical sendo adaptado a locais onde a temperatura média é de cerca de 20°C (RIBAS, 2008).

O sorgo apresenta modo de reprodução intermediário entre autogamia e alogamia, sendo utilizados em seu melhoramento procedimentos como a hibridação, que irá possibilitar a combinação de alelos favoráveis de diferentes genitores (GOMES et al., 2006).

Boa parte das cultivares disponíveis para a produção de silagem é híbrida (SCHAFFERT & TREVISAN, 1974). O processo de avaliação e seleção de híbridos com

potencial para o lançamento passa pela avaliação em diferentes locais ao longo de vários anos. Esse processo permite a identificação daqueles mais produtivos e adaptados para o registro e recomendação.

A avaliação de híbridos de sorgo no Campo das Vertentes pode ampliar a adoção desta cultura na região, que possui a pecuária de leite como principal atividade do agronegócio. Boa parte dos estabelecimentos depende da produção de forragem conservada e o sorgo, que apresenta ciclo mais curto que o milho, pode fazer parte desta cadeia e contribuir para o aumento da eficiência produtiva.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta agrônômica de híbridos de sorgo na região do Campo das Vertentes avaliados em dois cortes e ao longo de dois anos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.O sorgo

O sorgo pertence ao Reino *Plantae*; Divisão *Magnoliophyta*(Angiospermas); Classe *Liliopsida*(Monocotiledonea); Ordem *Poales*; Família *Poaceae* (Gramínea); Gênero *Sorghum*; Espécie *Sorghum bicolor*. De acordo com Santos (2005), a espécie *S. bicolor* (L.) Moenh é diplóide com $2n = 20$ cromossomos.

O sorgo tem origem na África Oriental (Etiópia e/ou Sudão) e foi levado para outras regiões do planeta pelos nativos africanos (VON PINHO & VASCONCELOS 2002; WALL & ROSS, 1975). De acordo com Rodrigues (2014), o sorgo deve ter chegado ao Brasil, do mesmo jeito que chegou às Américas do Norte e Central: através dos escravos africanos. O mesmo autor relata que os nomes dados ao sorgo eram "Milho d'Angola" ou "Milho da Guiné", nomes encontrados na literatura como vocabulário nordestino até hoje, indicando que as primeiras variedades tenham sido introduzidas pelo Nordeste.

No início do século XX, novas variedades de sorgo foram introduzidas no Brasil para serem utilizadas como cultura de verão em substituição ao milho nos seus diversos usos (RODRIGUES, 2015; VON PINHO & VASCONCELOS, 2002).

Com o passar dos anos, houve aumento significativo na utilização do sorgo. Três fatores contribuíram consideravelmente para isso: o primeiro, está ligado a criação do Grupo Pró-Sorgo, no início dos anos noventa, que teve como propósito o estímulo da produção de sorgo no Brasil, com divulgação do potencial da cultura e suas tecnologias; o segundo está relacionado ao uso do sistema de plantio direto nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, utilizando o sorgo como opção para a rotação de culturas; e o terceiro é a importância na safra de inverno (segunda safra ou safrinha) na região central do país (RODRIGUES, 2015).

O sorgo possui ampla variabilidade morfológica e fisiológica, o que possibilita que esta planta possa ser destinada a diferentes tipos de cultivos. Neste contexto, existe o sorgo granífero, silageiro, vassoura, sacarino, pastejo e biomassa. Segundo Duarte (2010), o granífero é o mais cultivado no mundo. O segundo sorgo mais cultivado é o silageiro (SANTOS et al., 2005), apresentando bom valor nutritivo e elevada produção de forragem. Existem, ainda, as cultivares de duplo propósito (grãos e forragem), que reúnem boas características para ambos os tipos de sorgo citados anteriormente. O sorgo vassoura, é cultivado, principalmente, pela agricultura familiar e suas plantas possuem como característica as panículas com a ráquis longas para a confecção de vassouras. O sorgo

sacarino, por sua vez, deve ser alto e possuir colmo com alta concentração de sacarose para a extração do caldo e produção de álcool. Já o sorgo pastejo deve apresentar rápido estabelecimento e boas qualidades bromatológicas (ALMEIDA FILHO, 2012). Destaca-se, ainda a existência do sorgo biomassa, que produz elevada quantidade de biomassa, possui porte alto e caule fibroso (RODRIGUES, 2015).

Apesar das cultivares de sorgo para silagem apresentarem elevada produção de massa, a proporção de panículas também é importante, pois contribui sobremaneira com o valor nutritivo e a quantidade de nutrientes digestíveis totais da silagem. Zago (1991), agrupa os híbridos de sorgo silageiro em graníferos (pequeno porte) duplo propósito (porte intermediário) e forrageiros (grande porte). Assim, a produção e proporção de panículas também fazem parte do processo de seleção e avaliação de cultivares para produção de silagem. Normalmente plantas de porte grande podem apresentar baixa quantidade de panículas, o que pode ser prejudicial do ponto de vista da ensilagem e alimentação animal (RODRIGUES et al., 2010). Assim, o processo de melhoramento genético é fundamental para se alcançar ambas características em híbridos superiores.

O sorgo é uma boa opção para ser cultivado na safrinha, uma vez que possui importantes características xerófitas que tornam possível sua utilização nessa época do ano (OLEMBO et al., 2010). Ainda, após o corte, havendo condições favoráveis como fertilidade, temperaturas e umidade no solo, a cultura do sorgo proporciona rebrota e possibilidade de outro corte (ZAGO, 1991). Portugal et al. (2003) acreditam que a variação no rendimento da produção do sorgo safrinha se dá principalmente a resposta às condições climáticas, especialmente água, temperatura e fotoperíodo.

De acordo com Silva et al. (2005), o Sorgo pode apresentar desenvolvimento variável, devido a sua sensibilidade ao fotoperíodo, que afeta o momento da floração do mesmo. Assim, de acordo com a região em que é plantado e a época de semeadura, haverá variação no rendimento de forragem entre distintos materiais. Silva et al. (2005), relatam que a ocorrência de fotoperíodo não-indutivo (superior a 12,9 horas) prolonga a fase vegetativa e retarda a floração, resultando em plantas com maior número de nós, entrenós e folhas e maior produção de massa de forragem. Estas plantas também se caracterizam pela maior porcentagem de colmos na matéria seca, que resulta em pior valor nutritivo e qualidade da forragem (CHAVES, 1997).

Fontes & Moura Filho (1979), destacam que a resistência do sorgo a desidratação é devida ao seu sistema radicular fibroso extenso (podendo atingir 1,5m de profundidade, valor este geralmente 50% maior do que o milho), ao ritmo de transpiração eficaz (diminuição do

crescimento) e a presença serosidade que reduz a perda de água da planta. Segundo Doggett (1988), as plantas de sorgo são nativas do nordeste da África, incluindo Etiópia, Sudão e África Oriental, o que pode explicar a sua tolerância ao estresse hídrico, já que estas regiões se caracterizam por elevadas temperaturas e restrição hídrica.

Apesar da maior rusticidade das plantas de sorgo em relação ao estresse biótico, para que as cultivares melhoradas tenham um bom rendimento é importante proporcionar condições de manejo e cultivo adequadas para a expressão do seu potencial genético. Assim, fatores como a qualidade da semente, época de semeadura, densidade de plantas, preparo, correção e adubação do solo, controle de pragas e doenças devem ser observados e ajustados durante o plantio.

Coelho et al. (2002) destaca que o sorgo pode ser de 20 a 30% mais barato quando comparado ao milho grão. Em termos médios, a produção de forragem de cultivares de sorgo ultrapassa o milho, mas com enorme variação na composição química, o que pode ser atribuído ao grande número de híbridos existentes no mercado, ou a variações no manejo como densidade de plantas, época do plantio, época de corte entre outros. Em experimento com avaliação de híbridos de porte alto e dois híbridos de porte médio, Corrêa (1997), observou produções de matéria seca variando de 7,5 a 10,2 toneladas/ha. Entretanto, Pereira et al. (1993) obtiveram produções de proteína bruta e matéria seca 1,08 e 18,0; 1,34 e 16,6; 1,25 e 14,6; toneladas/ha para sorgos de alto, médio e baixo porte, respectivamente.

Na produção de silagens, a situação não é diferente, pois o valor nutritivo é semelhante ao da silagem de milho e, ainda, quando cultivado em condições favoráveis e fertilidade, temperatura e umidade do solo, o sorgo pode proporcionar outro corte. Diante de todas as características expostas acima, a cultura é uma boa opção para a produção de silagem, tanto nutricionalmente quanto economicamente.

2.2.Sorgo para produção de silagem

De acordo com Fernandes et al. (2009), o sorgo é indicado para a produção de silagem, por possuir elevado rendimento e características que beneficiam o perfil fermentativo desejável como elevado teor de carboidratos solúveis e baixo poder tampão

Silva et al. (1999) destacam que, para o sucesso no cultivo, as plantas de milho exigem solos mais férteis, clima estável e alta tecnologia, ao passo que o sorgo se adapta melhor a áreas marginais que possuem solos mais pobres, sujeitos a veranicos ou próximas a centros urbanos. A menor suscetibilidade ao estresse hídrico se deve ao sistema radicular bem

desenvolvido que permite obtenção de água nas camadas mais profundas do solo. O sorgo também possui menor exigência total de água para o encerramento do ciclo e, ainda, menor área foliar para transpiração (BOTELHO et al., 2010).

Apesar das vantagens da utilização de plantas de sorgo, alguns fatores bióticos como a ocorrência de pragas e doenças podem contribuir para a diminuição da produtividade da cultura e representar grande risco para o sistema de produção. Dentre estes fatores podemos citar a suscetibilidade ao ataque por lagartas e ao pulgão verde.

Em função do seu elevado nível de produtividade, o sorgo mostra-se viável como alternativa ao milho na produção de silagens. De acordo com Valente et al. (1984), o valor nutritivo da silagem de sorgo corresponde a 85 a 95% da silagem de milho. Entretanto, quando se inclui a produtividade da rebrota, que chega a 60% do primeiro corte, o sorgo passa a apresentar maior rendimento por área que o milho (MAGALHÃES et al., 2003).

Para a escolha da espécie, híbrido ou variedade destinada a produção de silagem, deve ser levada em consideração a produtividade, além das características de fermentação, estabilidade de preservação e manutenção dos nutrientes da silagem e valor nutritivo (NUSSIO, 1992; DEMARCHI et al., 1995; BRONDANI & ALVEZ FILHO, 1998; SILVA et al., 1999). Porém, de acordo com Neumann (2001), a escolha do material adequado à produção de silagem também deve levar em consideração a resposta animal.

A técnica da ensilagem tem como objetivo preservar o estágio de crescimento da planta para que a mesma seja ofertada posteriormente aos animais. A silagem é um alimento produzido por meio da fermentação controlada de uma forragem com alto teor de umidade (PIRES, 2007). Para ser ensilada, a cultura deve conter nível adequado de substratos fermentáveis na forma de carboidratos solúveis em água (glicose, frutose, frutanas e sacarose), baixo poder tampão, teor de matéria seca entre 28 e 40% e apresentar estrutura física que possibilite uma boa compactação no silo (McDONALD et al., 1991; JOBIM et al., 2013).

A cultura do sorgo, quando colhida no ponto de silagem, apresenta características favoráveis ao processo fermentativo, dispensando o uso de aditivos. Vieira et al. (2004) testaram diferentes tipos de aditivos (uréia, CaCO_3 e uréia + CaCO_3) em silagem de sorgo e não observaram efeito do aditivo sobre o padrão de fermentação, frações fibrosas e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Ainda de acordo com os autores, somente foi justificada a inclusão de 0,5% de uréia às silagens dos híbridos BR700, BR601 e AG2002, visto que houve aumento do teor de proteína bruta destes materiais.

A proporção de grãos é uma característica importante para determinar a qualidade das silagens, pois neles está contida a maior parte da energia digestível da planta (VILELLA, 1985). Uma planta que possui elevada quantidade de grãos, possui maior quantidade de carboidratos solúveis em seus tecidos, contribuindo dessa forma para a fermentação. Os grãos também contribuem para a elevação do teor de massa seca da forragem ensilada.

O teor de matéria seca da forragem é um dos fatores que mais influência no tipo de fermentação que ocorrerá dentro do silo. No sorgo este valor varia com a idade de corte e com a natureza do colmo (CARVALHO et al., 1992). De acordo com Zago (1991), híbridos que possuem o colmo mais seco, vão atingir o teor de matéria seca ideal mais precocemente. Este mesmo autor encontrou para o sorgo AG 2002, de colmo succulento, 21,1; 24,9; 30,9 e 29,3% de matéria seca nos estágios de grãos leitosos, pastosos, farináceos e duros, respectivamente. Já, para sorgo de colmo seco, AG 2005E, os valores de matéria seca 29,1; 33,4; 38,7; 48,9% para os mesmos estágios mencionados anteriormente.

Em estudo realizado por Silva (1997), com avaliação de silagens de sorgo de alto, médio e baixo porte, observou-se que a presença da panícula diminui os teores de fibra e eleva a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da silagem, havendo a necessidade de se obter pelo menos 40% de panícula na planta, para produzir silagens de boa qualidade. Carvalho et al. (2012), em experimento com silagens dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655, colhidas em três estágios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) constataram que o teor ideal de MS no momento do corte foi de 25% a 35%, para o híbrido BR 700, correspondendo ao estágio leitoso. Já o BRS 610 deve ser colhido no estágio pastoso e o farináceo, e o BRS 655 entre o leitoso e o pastoso.

Os taninos presentes nos grãos, constituem outra variável importante, pois reduzem a qualidade do alimento, resultando na formação de complexos com as proteínas do alimento e diminuição da digestibilidade, principalmente em aves e suínos (VAN SOEST, 1994). Nos ruminantes, o efeito anti-nutricional é reduzido pelos micro-organismos do rúmen. De acordo com Cummins (1971), durante o processo de ensilagem também há redução da concentração de taninos.

As plantas de metabolismo C4 como o sorgo possuem elevadas taxas de crescimento em ambientes tropicais e a sua qualidade é fortemente influenciada pela fração fibrosa do alimento. Silva (1997), relata que a qualidade final da silagem de sorgo é limitada por componentes da parede celular vegetal como celulose e lignina, que não sofrerem redução após o processo fermentativo, dificultando a ação dos micro-organismos presentes no silo. De acordo com Morrison (1979) ocorre apenas uma pequena alteração nos conteúdos de lignina e

celulose no processo de ensilagem, apontando que não há degradação destas partes pelos microrganismos. Entretanto, Ojeda & Diaz (1992), apontam ocorrência de degradação de hemicelulose em silagens de sorgo, devido à atividade de hemicelulases no início da conservação e à acidez do meio.

A fração fibrosa da forragem de plantas de sorgo, por sua vez, pode ser influenciada por fatores como a proporção de colmos, o estágio fenológico e a constituição genética da cultivar. No caso de plantas de maior porte, comumente utilizadas para a produção de silagem, há elevada quantidade de colmos e, conseqüentemente, de fibras que se concentram nesse órgão que exerce função de sustentação na planta. Já o efeito do estágio fenológico é caracterizado pelo espessamento da parede celular vegetal, que também se torna mais rica em lignina. Apesar do efeito negativo do amadurecimento na qualidade da fibra, o sorgo utilizado no processo de ensilagem é colhido no ponto de grãos pastosos a farináceos, quando boa parte das folhas já se encontra em estágio avançado de crescimento, mas a produção de panículas (ou grãos) é a mais elevada, proporcionando maior digestibilidade ao alimento.

O efeito da cultivar na qualidade das plantas de sorgo tem sido avaliado em diversos estudos. Correa (1997), em estudo com a avaliação de híbridos de sorgo em 8 estágios de maturação, observaram diferenças no comportamento dos híbridos quanto as características de acumulação das frações fibrosas de DIVMS, valores variando de 50,23 e 60,53. Resposta semelhante foi observada por Silva et al. (2014), que encontraram maior taxa de degradação da fração fibrosa de híbridos de sorgo e menor volume final de carboidratos fibrosos para o híbrido 866041. Já Araújo (2002) não observou diferenças nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) para híbridos de dupla aptidão quando colhidos em estágios de grãos leitosos, leitoso/pastoso, pastoso, farináceo e duro.

2.3.Melhoramento de sorgo

As pesquisas com o sorgo, iniciaram-se no Nordeste no país em 1957, em ensaios que o comparavam com plantas de milho em quatro locais de Pernambuco (RODRIGUES, 2014). O melhoramento e distribuição de sementes só começou nos anos 70, quando foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), especialmente o Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG (atual Embrapa Milho e Sorgo) (RODRIGUES, 2014). O mesmo autor, comenta que foi nesse momento em que os híbridos

de sorgo granífero, de porte baixo, e de sorgo forrageiro, apropriados para produzir silagem de alta qualidade, adentraram no país através das fronteiras gaúchas com os países platinos e as empresas puderam disponibilizar híbridos adaptados as condições brasileiras.

Atualmente o Banco Ativo de Germoplasma de Sorgo (BAG -Sorgo), encontra-se na Embrapa Milho e Sorgo e foi criado a partir de materiais provenientes de diversos países. As principais instituições fornecedoras de recursos genéticos foram: *InternationalCrops Research Institute for theSemi-AridTropics* (ICRISAT), situada no sul da Índia, e instituições americanas como o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a Universidade de Purdue, Texas A&M University, Kansas StateUniversity, Oklahoma StateUniversity. Além destas, foram obtidas outras doações de países da África, Rússia, China e Colômbia (pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT).

O melhoramento de sorgo envolve os processos obtenção de populações, linhagens e hibridação de genitores contrastantes, que viabiliza a combinação de alelos vantajosos de genitores distintos, objetivando a formação de novas cultivares que possuem elevada quantidade de características desejáveis (GOMES et al., 2006). Os mesmos autores, comentam sobre os obstáculos encontrados pelos melhoristas quanto a escolha de genitores propícios na utilização do programa de hibridação.

Segundo Rodrigues (2014), antigamente quando se buscavam materiais para a produção de silagem, a seleção era baseada somente em características como a produção de massa seca ou massa verde. Contudo, hoje é sabido que nem sempre a maior produção de matéria seca é que vai proporcionar maior rendimento animal. De acordo, com Zago (1991), o lançamento de híbridos deve levar em consideração o bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula, associando uma boa produtividade de matéria seca e um bom valor nutritivo.

Para a seleção dos genótipos promissores as características agronômicas de matérias verdes e seca, altura da planta e sobrevivência, irão auxiliar nos programas de melhoramento genético da cultura (CUNHA& LIMA, 2010). Na escolha de cultivares mais apropriadas para o processo de ensilagem, também é importante identificar características agronômicas relacionadas ao processo de fermentação, que possibilite menor perda de matéria seca e nutrientes durante a ensilagem e altas taxas de consumo e digestibilidade (GOURLEY& LUSK, 1977).

De acordo com Neumann et al. (2002) a planta de sorgo é adaptada ao processo de ensilagem, pois possui características fenotípicas que proporcionam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento. Além disso, esta planta possui elevado potencial de produção de forragem e menor exigência em precipitação para encerramento do ciclo que o

milho. Estas características fazem com que o sorgo seja visto como uma planta mais rústica e adaptada a ambientes com maior chance de ocorrência de estresse hídrico.

A diversificação das opções de cultivares de sorgo é fundamental para uma boa competitividade na cadeia produtiva. Nesse processo, as melhores cultivares previamente identificadas na população base são avaliadas em ensaios regionais, que permitirão visualizar aquelas que possuem maior adaptação geral ou específica, direcionando o processo de lançamento.

Ensaio de competição entre cultivares são realizados todos os anos em diversas regiões do país pela Embrapa Milho e Sorgo, objetivando analisar vários híbridos simples de sorgo para suprir a demanda de cultivares e informações sobre esta cultura (ALMEIDA FILHO et al., 2014). Dentre os principais trabalhos realizados com ensaios de competição de cultivares, podemos citar os estudos de Almeida Filho et al. (2014), Albuquerque et al. (2011); Silva et al. (2007); e Heckerler (2002).

Existe grande variação entre as produções de matéria seca na literatura nos diferentes lugares, que pode ser explicado devido ao local, época de plantio e cultivar analisada. Silva et al. (2007), avaliando as variedades de sorgo silageiro BR700, IF305, Volumax, VDH422 e Nutrigrain, em três lugares distintos obtiveram produção média de 5,9 t ha⁻¹ de matéria seca. A resposta desigual dos genótipos de sorgo frente a diferentes locais e mudanças climáticas prejudica a identificação de plantas com maior potencial para determinada região ou condição de cultivo. Diante disso, a busca por informações da literatura pode nortear melhor o uso dos genótipos quanto a adaptabilidade geral e estabilidade agrônômica (CRUZ & CARNEIRO, 2006). A falta de ensaios mais disseminados com avaliação de plantas de sorgo contribui para que se perpetue a utilização do tradicional milho para silagem, deixando de lado a possibilidade de um material que possui menor exigência em fertilidade (menor custo), com cultivares tão produtivas quanto o milho.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALMEIDA FILHO, J.E. et al. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.13, n. 1, p. 82-95, 2014.

ALMEIDA FILHO, J. E. **Avaliação agronômica e de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de sorgo granífero**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campus dos Goytacazes, 2012.

ARAÚJO, V.L. **Momento de colheita de três híbridos de sorgo para produção de Silagem**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C. Produção de silagem de qualidade. In: Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte. Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 82-88, 1998.

BOTELHO, O.R.F. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n. 3, p. 287-297, 2010.

CARVALHO, B. F. et al. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.67, n. 4 p.462–47, 2012.

CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P.; JUNQUEIRA, G.G. Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I- Produção de matéria seca e de proteína bruta. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.49, n. 2, p.91-99, 1992.

CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n. 3, p. 500-502, 1971.

CUNHA, E. E.; LIMA, J.M.P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n. 4, p.701-706, 2010.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. Ed. Viçosa: Editora UFV, v.1, p.480, 2004.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, v. 2, p. 585, 2006.

CORRÊA, C.E.S. **Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação.** 83 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

CARVALHO, P. C. F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: Simpósio sobre avaliações de pastagem com animais. Maringá. **Anais.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, p. 25-52, 1997.

CHAVES, A.V. **Avaliação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem.** 72 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

COELHO, A.M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p.1-24, 2002.

DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia Nova Odessa**, Nova Odessa, v.33, n. 3, p.111-136, 1995.

DINIZ, G. M. M. **Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais.** 23 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

DOGGETT, H. **Sorghum.** 2. ed. New York: Longman Scientific and Technical, v.1, p. 512, 1988.

DUARTE, J.O. **Cultivo do sorgo: Mercado e comercialização.** Sistemas de produção 2, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/mercado.htm>. Acesso em: 10 maio 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.** Sete Lagoas: CNPMS, p. 272-80, 1974.

FERNANDES, F. E. P. et al. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, p. 2111-2115, 2009.

FONTES, L.A.N.; MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v.5, n. 56, p.17-19, 1979.

GOMES, M.S. et al. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando à produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n. 3, p.406-421, 2006.

GOURLEY, L. M.; LUSK, J.W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins and other factors. In: Annual corn and sorghum research conference. Mississippi. **Anais.** Mississippi: Mississippi State University, v. 32, p.157-170, 1977.

HECKLER, J. C. Sorgo e girassol no outono inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 517-520, 2002.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. **Forragicultura - Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal: Editora FUNEP, p. 649 – 660, 2013.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, supl., p.101-119, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da Planta de Sorgo**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, p. 4. 2003.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, p. 340, 1991.

MORRISON, I.M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 93, n. 3, p.581-586, 1979.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n. 2, p.224-242, 2005.

NEUMANN, M. et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 1, p. 302-312, 2002.

NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo** (*Sorghum bicolor*, L. Moench). 156 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

NUSSIO, L.G. Produção de silagem de alta qualidade. In: Reunião nacional de milho e sorgo. Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, p.155-175, 1992.

OLEMBO, K. N. et al. **Sorghum Breeding in Sub-Saharan Africa: The success stories**. 1. ed. Nairobi: African Biotechnology Stakeholders Forum, p.40, 2010.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; VIANA, A.E.S. et al. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n. 12, p.2604-2610, 2010.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D. et al. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 2, p.883-889, 2002.

OJEDA, F., DIAZ, D. Estudio de diferentes proporciones de sorgo y dolichos ensilados con y sin preservantes. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 15, n. 1, p.77-87, 1992.

PEREIRA, O.G. et al. Produtividade de uma variedade de Milho (*Zeamays* L.) e de Três Variedades de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o Valor Nutritivo de suas Silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n. 1, p.31-38, 1993.

PIRES, D.A.A. **Avaliação de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagens.** 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PITOMBEIRA, J.B.; CASTRO, A.B.; POMPEU, R.C.F.F. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.34, n. 1, p.20-24, 2002.

PORTUGAL, A.F. et al. Rendimento de matéria seca e proteína de cultivares de sorgo forrageiro no primeiro corte e na rebrota. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n. 289, p.357- 366, 2003.

RIBAS, P. M. **Plantio: a implantação da cultura.** In: **Rodrigues, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo.** 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo.** Sistemas de produção, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicoId=9201>. Acesso em: 21 nov. 2017.

RODRIGUES, J. A. S.; PIRES, D. A. A.; GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, L. G. R. Melhoramento de sorgo forrageiro e produção de silagem de alta qualidade. In: XV Simposio “Productividadenganado de corte”. Santa Cruz. **Anais**. Santa Cruz: ASOCEBU, p.66–75, 2012.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos.** 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

RODRIGUES, J. A. S. Híbridos de sorgo forrageiro: Onde estamos? Para onde vamos? In: VII Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa. **Anais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 301-328, 2014.

SANTOS, V.S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em índices.** 115 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SANTO, F. G.; Casela, C. R.; Waquil, J.M. Melhoramento de sorgo. In: Borém, A. (org) **Melhoramento de Espécies Cultivadas.** 2. ed, Viçosa: Editora UFV, p. 429-466. 2005.

SCHAFFERT, R. E.; TREVISAN, W. L. Síntese e melhoramento de populações de intercruzamento em sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: Reunião brasileira de milho e sorgo. Sete Lagoas. **Anais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 10, 1974.

SEIFFERT, N.F.; PRATES, E.R. Forrageiras para ensilagem. II- Valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (*Zeamays*, L.) sorgos (*Sorghum* sp) e milhetos (*Pennisetum americanum*, Schum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.7, n. 2, p.183-195, 1978.

SILVA, C. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 438-445, 2014.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, p. 83-148, 2007.

SILVA, A. et al. Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n. 1, p. 28-44, 2005.

SILVA, A.G.; ROCHA, V.S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n. 1, p. 112-125, 2005.

SILVA, N.L.Q. **Terminação de novilhos em confinamento alimentados com silagem de dois híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) associados a três níveis de concentrado**. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

SILVA F. F. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panícula**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

SILVA, L.C.R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zeamays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.467, 1993.

VALENTE, J.O.; SILVA, J.F.C.; GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zeamays* L.) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 2. Valor nutritivo e produtividade das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 67-73, 1984.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, p.476, 1994.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V. et al. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n. 6, p.764-772, 2004.

VILELLA, O. Sistema de consorciação de forragem. **Boletim Pesquisa**, Coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL, Coronel Pacheco, p.15, 1985.

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo**.1. ed.Lavras: UFLA/FAEPE, p.76, 2002.

WAL, J.S.; ROSS, W.M. **Produccion y usos del sorgo**.1 ed. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1975.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FÁRIA, V.P. (Eds.) Simpósio sobre nutrição de bovinos. Piracicaba. **Anais**.Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.169-217, 1991.

CAPÍTULO I: SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE GENÓTIPOS DE SORGO SILAGEIRO POR ÍNDICE Z

Resumo – Objetivou-se com o trabalho avaliar a resposta agronômica e ranquear 25 híbridos experimentais de sorgo destinados a produção de silagem na região do Campo das Vertentes Minas Gérias, Brasil. Foram avaliados 21 híbridos experimentais de sorgo para silagem desenvolvidos pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e quatro híbridos comerciais em um delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições. Maiores valores de MST foram observados pelos híbridos experimentais 13F04006 e 13F02006 e a cultivar Ponta Negra. Os híbridos experimentais 13F04006 e 13F02006 apresentaram massa seca de panículas de 2,930 t/ha, ao passo que o genótipo 14F21020 produziu 4,913 t/ha de panículas. As maiores alturas foram observadas nos híbridos experimentais 13F04006 e 13F03033, que também apresentaram alta taxa de acamamento. Os híbridos 13F23005 e 14F21005 apresentaram florescimento precoce com 51,7 e 54,0 dias até o florescimento, respectivamente. Os híbridos 13F02006 e 13F24006 apresentaram taxa de acamamento de 72,21 e 62,55%, respectivamente. Para a massa seca acumulada, observou-se variação de 15,381 a 26,154 t/ha para os híbridos experimentais 14F20006 e 13F04006, respectivamente. Na massa seca acumulada de panícula os valores variaram de 2,855 a 5,482 t/ha sendo que os híbridos experimentais 13F24019 e 14F21020 foram os que apresentaram menor e maior valor, respectivamente. No ranqueamento dos híbridos comerciais, identificaram-se as plantas 14F21020, 13F23006, 13F26005, 14F21005, 13F04006 e 14F21021, como aquelas que consorciaram maior quantidade de características favoráveis à seleção. Os híbridos experimentais 14F21020, 13F23006 e 13F26005 apresentam desempenho e características superiores às das testemunhas avaliadas.

Palavras-chave: acamamento, altura de planta, massa seca, panícula, *Sorghumbicolor*

SIMULTANEOUS SELECTION OF SILAGE SORGHUM GENOTYPES USING Z INDEX

Abstract - The objective of this work was to evaluate the agronomic response and to rank 25 sorghum experimental hybrids for the production of silage in the region of Campo das Vertentes Minas Geras, Brazil. Twenty - one experimental sorghum hybrids for silage developed by the breeding program of Embrapa Corn and Sorghum and four commercial hybrids were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. Higher values of MST were observed by the experimental hybrids 13F04006 and 13F02006 and the cultivar Ponta Negra. Experimental hybrids 13F04006 and 13F02006 had a panicle dry mass of 2,930 t / ha, whereas the 14F21020 genotype produced 4,913 t / ha of panicles. The highest heights were observed in experimental hybrids 13F04006 and 13F03033, which also presented a high lodging rate. Hybrids 13F23005 and 14F21005 showed early flowering with 51.7 and 54.0 days until flowering, respectively. Hybrids 13F02006 and 13F24006 presented lodging rates of 72.21 and 62.55%, respectively. For the accumulated dry mass, it was observed a variation of 15,381 to 26,154 t / ha for the experimental hybrids 14F20006 and 13F04006, respectively. In the accumulated dry mass of panicle the values ranged from 2,855 to 5,482 t / ha and the experimental hybrids 13F24019 and 14F21020 presented the lowest and highest values, respectively. In the ranking of the commercial hybrids, the plants 14F21020, 13F23006, 13F26005, 14F21005, 13F04006 and 14F21021 were identified as those that consorted the greatest number of favorable selection characteristics. The experimental hybrids 14F21020, 13F23006 and 13F26005 present higher performance and characteristics than the evaluated controls.

Key words: bedding, plant height, dry mass, panicle, Sorghum bicolor

1. INTRODUÇÃO

A estacionalidade na produção de forragem é uma das maiores limitações dos sistemas de produção animal em pasto, tanto em climas tropicais como em temperados. Essa característica leva a busca de alternativas viáveis para manter o suprimento de alimentos durante a seca como a técnica de ensilagem.

O impacto das mudanças climáticas em ambientes de clima tropical tem levado à ocorrência de veranicos ou anos com precipitação irregular que influenciam diretamente a produção de forragem para conservação. Segundo Jones e Thornton (2003), as mudanças climáticas podem resultar significativa redução da produção de alimentos na África e América do Sul, com queda de até 10% na produtividade de culturas como o milho até o ano de 2055. Neste cenário, o uso de plantas mais rústicas e adaptadas como o sorgo se torna alternativa viável.

O sorgo tem destaque na produção de silagem, pois é adaptado a ambientes tropicais e semiáridos (PERAZZO et al., 2017), em função da sua elevada exigência e temperatura e menor demanda de água que a cultura do milho para encerramento do ciclo. Além disso, as plantas de sorgo também apresentam características nutricionais semelhantes ao milho como elevada produção de forragem e maior resistência ao estresse abiótico (MAGALHÃES & DURÃES, 2009).

O lançamento de cultivares de sorgo para produção de silagem tem se tornado cada vez mais frequente em função da alta demanda dos produtores. Por isso, os ensaios de avaliação regionais são cada vez mais comuns e contribuem sobremaneira com a identificação de cultivares mais produtivas e competitivas. Segundo Cândido et al. (2002), a caracterização da cultivar quanto ao porte, aptidão e ciclo tem grande influência na produção e valor nutritivo da forragem. Além destas, podemos destacar características como resistência ao acamamento e produção de grãos ou panículas. Sendo assim, estudos contendo comparações entre híbridos experimentais são importantes para compor o banco de dados dos programas de melhoramento genético e orientar os produtores na utilização da cultivar adequada para a sua região (NEUMANN et al., 2002).

Assim, objetivou-se com o trabalho avaliar a resposta agrônômica e ranquear 25 híbridos experimentais de sorgo destinados a produção de silagem na região do Campo das Vertentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de São João del-Rei em parceria com a Embrapa Milho em Sorgo de Sete Lagoas no período de agosto de 2015 a julho de 2016. O município de São João del-Rei - MG está situado a 21°08'11'' de latitude Sul, 44°15'43'' de longitude oeste e 904 m de altitude. O clima, pela classificação Köppen (1948), é do tipo Cwa, com estações secas (maio a outubro) e chuvosa (novembro a abril) bem definidas. A precipitação acumulada ao longo de período foi de 1011 mm e temperatura média 21,95 °C. Durante o experimento, os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica situada a 300 m da área experimental (Figura 1).

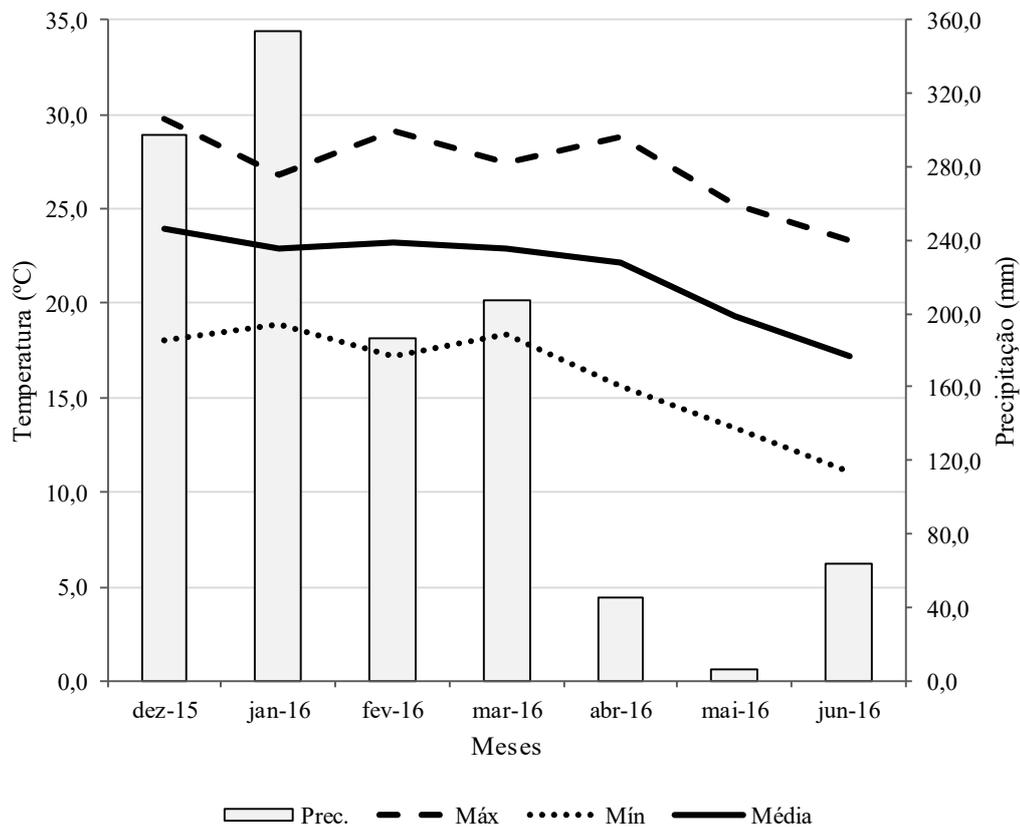


Figura 1: Precipitação pluviométrica (barras), temperatura mínima (linha pontilhada), temperatura média (linha sólida) e temperatura máxima (linha tracejada) do município de São João del-Rei – Minas Gerais/Brasil, durante o período experimental

Foram avaliados 25 híbridos de sorgo, sendo que 21 fazem parte do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e quatro são testemunhas comerciais. O delineamento foi em blocos ao acaso com 3 repetições. Foram avaliados os híbridos

experimentais (13F23019, 13F23006, 14F20005, 14F20006, 13F02006, 13F03033, 13F26005, 13F26006, 14F20019, 14F21005, 14F21006, 13F23005, 13F23020, 14F21019, 14F21020, 13f24006, 13F24019, 14F21021, 14F21028, 13F04006 e 14F21022), além das variedades comerciais Ponta Negra, BRS 610, BRS 655 e Volumax, como testemunhas.

Antes do estabelecimento, foram coletadas amostras de solo da área experimental para caracterização química e física e avaliação da necessidade de aplicação de corretivos e fertilizantes. O solo da área experimental apresentou as seguintes características: pH em água relação (1:2,5) = 6,12; P = 6,7 mg.dm³; K = 160 mg.dm³; Ca = 4,63 cmol_c.dm³; Mg = 0,53 cmol_c.dm⁻³; Al = 0,00 cmol_c.dm⁻³; H + AL = 0,95 cmol_c.dm⁻³; MO = 3,70 dagkg⁻¹; SB = 5,57 cmol_c.dm⁻³; CTC (efetiva - t) = 5,57 cmol_c.dm⁻³; CTC (ph 7) = 6,52 cmol_c.dm⁻³; e V% = 85,4. Não houve necessidade da aplicação de calcário.

As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de 5 m espaçadas entre si por 0,7 m. Cada parcela foi posicionada lado a lado às demais. A semeadura foi realizada manualmente no dia 4 de dezembro, de modo a se estabelecer número médio de 12 plantas por metro linear. Em volta dos blocos foram cultivadas plantas de Volumax como bordadura.

A interpretação e recomendação das doses de adubos e corretivos foi realizada de acordo com Alves et al. (1999). Durante a semeadura, foram aplicados cerca de 70 kg ha⁻¹ de adubo 05-20-05 por parcela (35g por linha) e, 30 dias após a germinação, foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura com 460 g de sulfato de amônio por parcela (230 g por linha). Cerca de 15 dias após a germinação, foi realizado o desbaste para proporcionar número final de 120 plantas por parcela ou 60 plantas por linha (densidade de 12 plantas por m linear). Antes da adubação de cobertura, foi realizado controle manual das plantas daninhas.

Para o controle do pulgão-verde (*Schizaphisgraminum*) e da lagarta-do-cartucho (*Spodopterafrugiperda*), foram realizadas aplicações de Diazinon 40 PMem diluição de 1 kg/ha e zeta-Cipermetrina 300g/L aos 34 e 44 dias após a germinação, respectivamente.

As plantas de sorgo permaneceram em crescimento e foram monitoradas após o florescimento para se identificar o ponto de colheita, que foi determinado quando os grãos apresentaram estado farináceo (entre 30 e 40% de matéria seca na planta). No momento da colheita, 10 plantas foram retiradas em cada parcela para avaliação e separação dos componentes morfológicos: folhas, colmos, material morto e panículas. Após a separação, os mesmos foram destinados à estufa de circulação forçada para determinação do peso de cada componente e a sua participação na composição morfológica da forragem por meio das porcentagens de folhas (PFOL), colmos (PCOL), panículas (PPAN) e material morto (PMOR).

Para determinar a produção total de cada genótipo, foi realizado o corte do restante do material da parcela a 20 cm do solo para posterior pesagem. A forragem colhida foi triturada em ensiladora estacionária e direcionada à estufa à 55°C até peso constante para determinação da matéria pré-seca e, posteriormente, moídas e desitradadas a 105°C por 24 horas para determinação do teor final de matéria seca. A produção de massa seca total (MST) foi estimada em gramas por metro linear e extrapolada para quilogramas por hectare. De posse da MST e da PPAN, estimou-se a massa seca de panículas (MSP).

Além destas medidas também foram registradas a altura média (ALT) das plantas no momento do corte, o número de dias necessários para que as plantas entrassem em pleno florescimento (FLORESC) e a taxa de acamamento (ACAM), medida por meio da relação entre o número total de plantas na parcela e do número de plantas acamadas no momento do corte.

Após o corte, as plantas foram adubadas novamente com 70 kg ha⁻¹ de N para que fosse permitida a realização de novo corte no período de rebrota. Após o crescimento, as plantas da rebrota foram avaliadas quanto a massa seca da rebrota (MSREB) e massa seca de panícula (MSPAN). De posse desses valores, foram estimadas a porcentagem da produção no segundo corte (REB) e porcentagem da produção do segundo corte em relação à produção total (%REB).

Para o ranqueamento dos híbridos, foi aplicado o índice Z (MENDES et al., 2009; FRANÇA et al., 2016). Para isso, os valores relativos às características medidas em cada unidade experimental foram padronizados conforme a equação: $Z_{ij} = (y_{ij} - \bar{y}_j)/S_j$, onde y_{ij} é a observação da variável da população i na repetição j ; \bar{y}_j é a média geral da variável avaliada nos 25 genótipos na repetição j e S_j é o desvio-padrão fenotípico da variável da repetição j . Conforme descrito em Mendes et al. (2009) e França et al. (2016), o valor padronizado das variáveis foi acrescido da constante 3 para eliminação de valores negativos. Já no ranqueamento das variáveis com seleção negativa, como o caso do ACAM e FLORESC, foi utilizada a adaptação de acrescentar a constante -3 ao valor padronizado da variável e, posterior multiplicação por -1 para inversão dos valores. O valor médio das variáveis padronizadas foi somado para obtenção do valor do índice e posterior ranqueamento em ordem decrescente. Para a determinação do índice, foram utilizadas as variáveis MST, PPAN, MSP, ALT, FLORESC e ACAM, de modo que todas tiveram o mesmo peso dentro do índice.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste Scott-Knott, adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade. Também foram estimados os coeficientes de correlação simples e parcial entre as características

avaliadas no índice. Estes coeficientes foram testados por meio de teste t, adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico Genes versão 1990.2017.43 (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se diferença significativa entre os genótipos experimentais para as variáveis massa seca total (MST), massa seca de panículas (MSPan), altura de planta (ALT), florescimento (FLORESC) e porcentagem de acamamento (ACAM) (Tabela 1).

Os genótipos 13F04006 e 13F02006 e a cultivar Ponta Negra apresentaram maiores valores de MST. Entretanto, essa característica não pode ser avaliada isoladamente, uma vez que o ACAM deve ser considerada no processo de seleção. Já que o acamamento reduz a eficiência de colheita da forragem de sorgo. Portanto, os genótipos experimentais 13F04006 e 13F02006 mesmo apresentando alta produção de MST, compatível com uma variedade comercial, não devem ser recomendados para cultivo no Campo das Vertentes, devido ao seu elevado acamamento (Tabela 1).

Os valores de MST no primeiro corte variaram de 11,128 a 18,848 t ha⁻¹, sendo estes registrados para os genótipos 14F20006 e 13F04006, respectivamente (Tabela 1). Já a média geral observada foi de 14,070 t.ha⁻¹, valor próximo ao observado por Perazzo et al. (2017) em ambiente semiárido, onde os melhores genótipos produziram cerca de 14,5 t.ha⁻¹ de massa seca no primeiro corte. É possível que o regime hídrico favorável tenha contribuído para o bom resultado, bem como o potencial genético dos materiais em avaliação.

Além da produção de biomassa, a produção de panículas é particularmente importante para genótipos de sorgo destinados ao processo de ensilagem, já que a presença de grãos na massa ensilada eleva sobremaneira a quantidade de nutrientes digestíveis totais. Diante disso, o agrupamento de médias para MSPan evidenciou a presença de dois grandes grupos, onde a produção MSPan das plantas superiores variou de 2,930 a 4,913 t.ha⁻¹. Os híbridos experimentais 13F04006 e 13F02006 apresentaram MSPan cerca 2,930 t.ha⁻¹, ao passo que o híbrido experimental 14F21020 produziu 4,913 t.ha⁻¹ de panículas. Esses resultados evidenciam que a planta 14F21020 também tem potencial para seleção (Tabela 1). Nota-se grande variação (CV = 25,96%) entre os dados de MSPan, o que pode ter prejudicado a identificação dos genótipos superiores.

A maior parte das cultivares utilizadas como testemunha apresentou baixa MSPan, excetuando-se a cultivar BRS 655 (Tabela 1). Estes resultados evidenciam o potencial dos genótipos experimentais avaliados para melhorar a qualidade nutricional da forragem. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2013), que observaram maior produção de massa seca de panícula para a cultivar BRS 655.

Tabela 1– Médias de características produtivas avaliadas em 25 genótipos de sorgo no período de safra em São João del-Rei

Genótipos	MST (t/ha)	MSPan (t/ha)	Altura (cm)	Florescimento (dias)	Acamamento (%)
13F23019	14,607c	2,975a	257,4c	65,0b	0,00b
13F23006	12,760c	3,946a	265,4c	58,7c	7,06b
14F20005	12,142c	3,365a	221,2d	60,7c	1,44b
14F20006	11,570c	3,195a	268,1c	58,0c	38,12a
13F02006	17,755a	2,978a	301,8b	66,3b	72,21a
13F03033	16,044b	2,139b	331,1a	68,7a	17,39b
13F26005	13,716c	4,412a	214,7d	61,7c	5,03b
13F26006	12,913c	3,560a	256,9c	59,3c	55,13a
14F20019	12,313c	2,950a	226,8d	63,3b	3,00b
14F21005	12,986c	2,952a	251,3c	54,0d	3,43b
14F21006	14,348c	3,182a	280,2b	63,7b	41,57a
13F23005	11,170c	2,557b	219,8d	51,7d	0,00b
13F23020	14,101c	3,452a	242,0c	66,3b	0,22b
14F21019	15,991b	3,814a	243,1c	71,0a	12,13b
14F21020	15,522b	4,913a	264,7c	61,3c	0,89b
13F24006	11,598c	3,782a	260,5c	60,0c	62,55a
13F24019	11,128c	2,540b	209,5d	66,3b	2,12b
14F21021	15,270b	3,588a	240,0c	67,3b	1,06b
14F21028	13,786c	2,952a	245,9c	66,3b	0,20b
13F04006	18,848a	2,930a	317,9a	71,0a	59,14a
14F21022	12,817c	2,994a	200,7d	65,0b	0,24b
Ponta Negra	18,738a	1,716b	297,9b	71,0a	0,00b
BRS 610	14,202c	1,022b	216,9d	59,0c	0,00b
BRS 655	12,782c	2,987a	256,8c	57,3c	23,11b
Volumax	14,655c	2,034b	248,9c	69,7a	0,00b
Média Geral	14,070	3,077	253,6	63,3	16,24
CV (%)	13,30	25,96	7,98	4,49	121,75

MST: massa seca total; MSPan: massa seca de panículas; CV (%): coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Os genótipos experimentais 13F04006 e 13F03033 apresentaram maior altura, o que é desejável no melhoramento de sorgo silageiro, já que a altura está positivamente correlacionada com a produção de biomassa (ESECHIE et al., 1977). Contudo, estas plantas apresentaram elevados valores para ACAM, característica indesejável para o melhoramento. A média encontrada entre os híbridos experimentais para altura foi de 2,53 m (Tabela 1). Resultados próximos foram encontrados por Santos et al. (2013), que observaram valores em torno de 2,3 m e Chieza et al. (2008), que observaram 2,1 m para altura de planta.

O florescimento (FLORESC) deve ser analisado quando deseja-se selecionar materiais mais precoces. Dessa forma o genótipo atingirá mais cedo o ponto de colheita, adiantando, assim, a rebrotação e melhorando o aproveitamento da área. Nesse ensaio os híbridos experimentais que se destacaram quanto a precocidade foram 13F23005 e 14F21005, apresentando valores médios de 51,7 e 54,0 dias, respectivamente (Tabela 1). Estes resultados não estiveram associados a valores satisfatórios de MST, que, por sua vez, foram registrados para cultivares mais tardias como 13F04006 e Ponta Negra. Houve a formação de dois grupos de plantas para taxa de acamamento (ACAM) (Tabela 1). Nesse sentido, os maiores valores encontraram-se acima de 38%. Boa parte dos híbridos experimentais apresentou valores baixos ou nulos de ACAM, sobretudo os comerciais. Contudo, devido à grande variação, notaram-se plantas com taxas de acamamento muito elevadas como os híbridos experimentais 13F02006 e 13F24006, que apresentaram valores de 72,21 e 62,55%, respectivamente, e não diferiram estatisticamente de boa parte dos híbridos experimentais avaliados. As taxas de acamamento estão associadas a características como altura de planta, diâmetro dos entrenós mais baixos e dos pedúnculos das inflorescências (ESECHIE et al., 1977).

Ao se avaliar a porcentagem dos componentes morfológicos folhas, colmos, material morto e panículas na forragem do sorgo no primeiro corte, verificam-se diferenças significativas nas três características avaliadas (Tabela 2). Observa-se que as variações para porcentagem de folha, colmo e panícula foram de 13,08 a 19,09, 49,14 a 74,90 e 7,07 a 32,64%, respectivamente. Segundo Silva et al. (1999), variações na composição morfológica das plantas se devem a diferenças na constituição genética dos materiais utilizados, o que pode interferir diretamente na qualidade da planta e, conseqüentemente, da silagem produzida.

O principal componente morfológico da forragem do sorgo foi o colmo, que atingiu valor médio de 58,87%, sendo os maiores valores registrados para as cultivares comerciais, exceto para BRS 655. O colmo é a parte da planta que possui menor valor nutricional, mas contribui sobremaneira com a produção total e o teor de umidade da forragem, conforme observado por Carvalho et al. (1992). Assim, plantas com maior proporção de colmos que estão associadas a forragem mais úmida que pode prejudicar o processo fermentativo, além de dificultar a compactação. Dessa forma, a PCOL também pode ser utilizada no processo de seleção para redução da participação ou, ainda, na identificação de plantas que apresentem essa fração com melhor valor nutritivo. Os híbridos comerciais Ponta Negra e BRS 610 foram aqueles que apresentaram maior proporção de colmo (Tabela 2).

Para produção de silagem de boa qualidade é imprescindível que haja grãos na forragem. Assim, o processo de seleção de novos genótipos não deve levar em consideração somente a produção total de massa seca, mas principalmente a produção de grãos, que está diretamente relacionada com a proporção do componente morfológico panícula. Observa-se que muitos genótipos apresentaram proporção de panícula superior aos híbridos comerciais. Neste caso, os híbridos experimentais 13F23006 e 13F26005 se destacaram quanto a composição morfológica, uma vez que apresentarem alta porcentagem de folha e panícula aliado a menor quantidade de colmos e material morto (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição morfológica da forragem de 25 genótipos de sorgo avaliados no período de safra em São João del-Rei

Genótipo	Porcentagem			
	Folhas	Colmos	Material morto	Panículas
13F23019	19,09a	58,48c	2,42b	20,00b
13F23006	16,91a	50,90c	1,49b	30,69a
14F20005	15,51b	52,58c	4,33a	27,58a
14F20006	13,52b	55,80c	2,90b	27,78a
13F02006	13,08b	68,80b	1,68b	16,43c
13F03033	15,50b	68,49b	2,67b	13,33c
13F26005	16,35a	49,14c	3,43b	31,08a
13F26006	14,89b	54,79c	2,65b	27,68a
14F20019	15,74b	54,40c	5,60a	24,27b
14F21005	18,08a	56,97c	3,04b	21,91b
14F21006	14,72b	60,65c	2,55b	22,08b
13F23005	19,50a	55,62c	3,04b	21,85b
13F23020	16,94a	56,01c	2,57b	24,49b
14F21019	17,38a	56,06c	2,93b	23,63b
14F21020	12,27b	53,39c	1,71b	32,63a
13F24006	14,48b	49,54c	3,35b	32,64a
13F24019	16,87a	56,93c	4,25a	21,95b
14F21021	15,25b	58,89c	3,08b	22,79b
14F21028	20,68a	53,42c	4,40a	21,49b
13F04006	12,77b	69,66b	2,16b	15,41c
14F21022	17,82a	56,28c	3,55b	22,35b
Ponta Negra	14,65b	74,90a	1,36b	9,09c
BRS 610	15,18b	74,84a	2,92b	7,07c
BRS 655	14,67b	60,05c	3,07b	22,22b
Volumax	17,11a	65,26b	3,25b	14,39c
Média geral	15,96	58,87	2,98	22,19
CV (%)	11,78	5,47	33,65	21,82

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

A porcentagem de panículas (PPAN) foi o segundo componente morfológico com maior participação na massa da forragem de sorgo. Foram observados três grupos de médias para PPAN. O maior valor, 32,64%, foi registrado para o genótipo experimental 13F24006, que não diferiu estatisticamente de outros sete (Tabela 2), mas apresentou elevado ACAM. Apesar disto, plantas com elevada PPAN como os híbridos experimentais 14F21020 e 13F26005, que apresentaram produção e acamamento satisfatórios foram observadas.

A porcentagem de folhas (PFOL) foi o terceiro componente de maior participação e permitiu a formação de dois grupos de médias, assim como a porcentagem de material morto (PMOR), onde a participação média foi de 2,98% da massa de forragem. O material senescente contribuiu com a redução do valor nutritivo da forragem (JANUSCKIEWICZ et al., 2010; SUN et al., 2010).

Quando da avaliação das variáveis produtivas no período de safra e rebrota, foram observadas diferenças significativas para massa seca acumulada (MSA), produção de massa seca na rebota (MSR) e porcentagem de produção na rebrota (Tabela 3). Observa-se que os genótipos experimentais 13F03033, 13F02006, 13F04006 e as testemunhas Ponta Negra, Volumax e BRS610 se destacaram por apresentar maior produção total acumulada em dois cortes e, também, maior produção no período de rebrota (Tabela 3). Entretanto, o híbrido experimental 13F02006 concentrou maior parte da MSA no primeiro corte. Isso é particularmente interessante quando a região apresenta restrições climáticas que podem limitar a realização de duas colheitas ao longo do período chuvoso.

Para a MSA, observou-se variação de 15,381 a 26,154 t.ha⁻¹ para os genótipos experimentais 14F20006 e 13F04006, respectivamente. Já Botelho et al. (2010), em experimento com quatro cultivares de sorgo no Norte de Minas Gerais, encontraram produção de acumulada de 23,23 a 30,25 t ha⁻¹.

Para massa seca acumulada de panícula (MSAPan) os valores variaram de 2,855 a 5,482 t.ha⁻¹ sendo que os híbridos experimentais 13F24019 e 14F21020 foram os que apresentaram menor e maior valor, respectivamente (Tabela 3). Entretanto, não houve diferença significativa entre os genótipos para essa característica.

Os valores de produção observados no período de rebrota variaram de 2,423 a 8,753 t.ha⁻¹ e a porcentagem da rebrota em relação à produção total, variou de 15,90 a 34,51%. Para ambas variáveis formaram-se dois grupos, sendo que o de maior desempenho incluiu as testemunhas Ponta Negra, BRS 610 e Volumax, além dos genótipos 13F03033 e 13F04006,

que produziram 8,753 e 7,306 t ha⁻¹, respectivamente. Quanto maior a capacidade de crescimento no período de rebrota, melhor será o aproveitamento da área e, conseqüentemente, haverá diluição dos custos empregados na lavoura. Ademais, o fato do sorgo rebrotar o torna ainda mais interessante para o uso na produção de silagem.

Tabela 3—Massa seca acumulada nos períodos de safra e na rebrota (MSA), Massa seca de panícula acumulada nos períodos de safra e na rebrota (MSAPan), massa seca da rebrota (MSR) e porcentagem de rebrota avaliados em 25 genótipos de sorgo em São João del-Rei

Genótipo	MSA (t/ha)	MSAPan (t/ha)	MSREB (t/ha)	Rebrota (%)
13F23019	19,832b	3,814a	5,225b	26,60a
13F23006	18,865b	5,084a	6,104a	32,05a
14F20005	15,928c	4,150a	3,786b	24,10b
14F20006	15,381c	3,827a	3,811b	25,01b
13F02006	23,522a	3,712a	5,767a	23,95b
13F03033	24,797a	3,388a	8,753a	34,78a
13F26005	18,266b	5,480a	4,550b	25,30b
13F26006	17,194c	4,334a	4,281b	24,86b
14F20019	15,899c	3,483a	3,586b	21,14b
14F21005	19,983b	4,197a	6,997a	34,51a
14F21006	19,415b	3,868a	5,067b	25,99b
13F23005	15,890c	3,438a	4,720b	28,14a
13F23020	19,405b	4,254a	5,303b	27,05a
14F21019	20,597b	4,469a	4,606b	22,06b
14F21020	19,732b	5,482a	4,209b	21,52b
13F24006	16,546c	4,562a	4,948b	29,75a
13F24019	13,551c	2,855a	2,423b	15,90b
14F21021	18,936b	4,207a	3,666b	18,42b
14F21028	19,116b	3,722a	5,330b	27,80a
13F04006	26,154a	3,912a	7,306a	27,69a
14F21022	16,184c	3,591a	3,367b	19,50b
Ponta Negra	25,937a	2,225a	7,199a	27,86a
BRS 610	22,189a	2,597a	7,987a	35,83a
BRS 655	16,384c	3,594a	3,602b	21,88b
Volumax	21,498a	2,837a	6,843a	31,86a
Média geral	19,248	3,883	5,177	26,14
CV (%)	14,14	23,17	25,81	19,32

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

No ranqueamento dos híbridos experimentais, identificaram-se os genótipos 14F21020, 13F23006, 13F26005, 14F21005, 13F04006 e 14F21021, como aqueles que

apresentaram maior quantidade de características favoráveis à seleção. Nota-se, que os referidos materiais se destacaram principalmente pelos elevados valores de MSPan e PPAN, o que pode contribuir sobremaneira com o valor nutritivo e os nutrientes digestíveis totais das silagens. Estas plantas também apresentaram valores elevados para altura e florescimento precoce.

A utilização do índice Z mostrou-se eficiente na seleção simultânea de características nos trabalhos de Mendes et al. (2009), Reis et al. (2011) e França et al. (2016). Segundo França et al. (2016), o ranqueamento e seleção pelo Índice Z foi útil na seleção de híbridos experimentais de sorgo sacarino e apresentou correlação significativa com outros métodos como índice padronizado pela média e índice padronizado pela média modificado.

No ranqueamento dos genótipos, notou-se que os primeiros indivíduos não são os mais produtivos em termos de MST (Tabela 4). Tal resultado pode ser explicado pelo fato de que muitos dos genótipos mais produtivos apresentaram problemas com acamamento, como no caso dos híbridos experimentais 13F04006 e 13F02006, ou florescimento tardio associado a baixa MSPan e PPAN, como o caso do Ponta Negra e do genótipo experimental 13F03033. Além disso, o uso de duas variáveis relacionadas à panícula no índice auxiliou a seleção de plantas com maior produção e porcentagem desse componente. De fato, quando objetiva-se favorecer o desempenho animal, deve-se buscar a produção de elevadas quantidades de silagem, com grande participação de grãos, já que estes contribuem mais com a digestibilidade da silagem (TARDINI et al., 2013).

Os híbridos experimentais em destaque apresentaram produção de panículas superiores a $2.930 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e atingiram valores de até $4.913 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, como o caso do híbrido 14F21020, que apresentou 32,63% de panículas na massa de forragem. Estes resultados evidenciam o potencial deste genótipo para o lançamento. Esse híbrido apresentou resultado satisfatório na safra, contudo, a produção de forragem na rebrota foi baixa (Tabela 3), evidenciando o potencial de utilização em locais onde é realizada apenas uma colheita. Apesar da menor produção na rebrota, a massa total de panículas manteve-se alta.

Tabela 4 -Ranqueamento, média padronizada, média fenotípica (entre parênteses) e índice Z dos genótipos de sorgo avaliados no período de safra

Ordem	Genótipo	MST (kg/ha)	MSPan (kg/ha)	PPan (%)	ALT (cm)	FLOR (dias)	ACAM (%)	Índice Z
1	14F21020	3,470 (15.522)	4,512 (4,913)	4,3017 (32,63)	3,291 (264,7)	3,157 (61,3)	3,830 (0,89)	26,038
2	13F23006	2,576 (12.760)	3,719 (3,946)	4,0598 (30,69)	3,312 (265,4)	3,618 (58,7)	3,617 (7,06)	23,477
3	13F26005	2,885 (13.716)	4,105 (4,412)	4,1085 (31,08)	1,980 (214,7)	3,099 (61,7)	3,687 (5,03)	22,750
4	14F21005	2,649 (12.986)	2,896 (2,952)	2,9651 (21,91)	2,940 (251,3)	4,426 (54,0)	3,742 (3,43)	22,268
5	13F04006	4,545 (18.848)	2,878 (2,930)	2,1546 (15,41)	4,686 (317,9)	1,484 (71,0)	1,817 (59,14)	22,111
6	14F21021	3,388 (15.270)	3,423 (3,588)	3,0739 (22,79)	2,643 (240,0)	2,119 (67,3)	3,824 (1,06)	21,860
7	Ponta Negra	4,510 (18.738)	1,872 (1,716)	1,3665 (9,09)	4,161 (297,9)	1,484 (71,0)	3,861 (0,00)	21,765
8	14F21019	3,621 (15.991)	3,610 (3,814)	3,1795 (23,63)	2,725 (243,1)	1,484 (71,0)	3,442 (12,13)	21,683
9	13F03033	3,638 (16.044)	2,223 (2,139)	1,8948 (13,33)	5,032 (331,1)	1,888 (68,7)	3,260 (17,39)	21,575
10	13F02006	4,192 (17.755)	2,918 (2,978)	2,2818 (16,43)	4,263 (301,8)	2,292 (66,3)	1,366 (72,21)	21,504
11	13F23019	3,174 (14.607)	2,915 (2,975)	2,7269 (20,00)	3,099 (257,4)	2,522 (65,0)	3,861 (0,00)	21,472
12	13F23020	3,010 (14.101)	3,310 (3,452)	3,2859 (24,49)	2,697 (242,0)	2,292 (66,3)	3,853 (0,22)	21,458
13	14F21006	3,090 (14.348)	3,086 (3,182)	2,9854 (22,08)	3,697 (280,2)	2,753 (63,7)	2,425 (41,57)	21,126
14	BRS 655	2,583 (12.782)	2,925 (2,987)	3,0033 (22,22)	3,085 (256,8)	3,849 (57,3)	3,062 (23,11)	21,092
15	14F20005	2,376 (12.142)	3,238 (3,365)	3,6716 (27,58)	2,151 (221,2)	3,272 (60,7)	3,811 (1,44)	20,897
16	13F26006	2,626 (12.913)	3,340 (3,560)	3,6837 (27,68)	3,088 (256,9)	3,503 (59,3)	1,956 (55,13)	20,882
17	14F20006	2,191 (11.570)	3,098 (3,195)	3,697 (27,78)	3,381 (268,1)	3,734 (58,0)	2,544 (38,12)	20,835
18	14F21028	2,908 (13.786)	2,896 (2,952)	2,913 (21,49)	2,800 (245,9)	2,292 (66,3)	3,854 (0,20)	20,570
19	13F24006	2,200 (11.598)	3,584 (3,782)	4,302 (32,64)	3,182 (260,5)	3,388 (60,0)	1,700 (62,55)	20,555

20	13F23005	2,062 (11.170)	2,569 (2,557)	2,957 (21,85)	2,114 (219,8)	4,829 (51,7)	3,861 (0,00)	20,454
21	14F20019	2,431 (12.313)	2,894 (2,950)	3,258 (24,27)	2,297 (226,8)	2,811 (63,3)	3,757 (3,00)	19,881
22	14F21022	2,595 (12.817)	2,931 (2,994)	3,019 (22,35)	1,614 (200,7)	2,522 (65,0)	3,853 (0,24)	19,129
23	Volumax	3,189 (14.655)	2,136 (2,034)	2,027 (14,39)	2,877 (248,9)	1,715 (69,7)	3,861 (0,00)	18,995
24	BRS 610	3,042 (14.202)	1,298 (1,022)	1,114 (7,07)	2,040 (216,9)	3,561 (59,0)	3,861 (0,00)	17,957
25	13F24019	2,048 (11.128)	2,555 (2,540)	2,969 (21,95)	1,844 (209,5)	2,292 (66,3)	3,788 (2,12)	17,544

MST: massa seca total; MSPan: massa seca de panículas; PPAN: porcentagem de panículas; ALT: altura de planta; FLORES: período de florescimento; ACAM: porcentagem de acamamento;

A análise de correlação de Pearson entre as características agronômicas utilizadas no índice de seleção evidenciou que há correlação significativa entre a massa seca total (MST) e as variáveis porcentagem de panículas (PPAN), altura de planta (ALT) e período de florescimento (FLORESC) (Tabela 5). Estes coeficientes, apesar de significativos, apresentaram valores abaixo de 0,8, o que indica que a associação entre as variáveis é baixa (Cruz et al., 2004). Por outro lado, Van de Wouwet al. (2008) afirma que valores de 0,7 já são suficientes para indicar a força da associação entre duas características.

Ao se considerar o coeficiente de correlação parcial, ficou evidente a correlação alta e positiva entre a MST e a MSPan. Esse resultado indica que o aumento na produção de biomassa resulta em maior produção de panículas e que é possível identificar, por seleção simultânea, plantas com elevada produção de forragem e de grãos (Tabela 5). A correlação parcial expressa a força de correlação entre duas características, dada a existência de outras características no estudo. Esta associação não pode ser verificada por meio do coeficiente de correlação simples.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação simples (acima da diagonal) e parcial (abaixo da diagonal) entre as características agronômicas utilizadas no índice de seleção

	MST	MSP	PPAN	ALT	FLORESC	ACAM
MST ¹	1	-0,1512	-0,5482**	0,6709**	0,6968**	0,2006
MSP ²	0,8984**	1	0,8963**	-0,0847	-0,1511	0,1447
PPAN ³	-0,9109**	0,9877**	1	-0,2991	-0,4156*	0,0884
ALT ⁴	0,5931**	-0,4082*	0,3976	1	0,3488	0,5560**
FLORESC ⁵	0,4307*	-0,1924	0,1871	-0,2127	1	0,0143
ACAM ⁶	0,0403	-0,0861	0,1190	0,4723**	-0,0716	1

¹MST: massa seca total; ²MSP: massa seca de panícula; ³PPAN: porcentagem de panículas; ⁴ALT: altura; ⁵FLORESC: florescimento; ⁶ACAM: acamamento; **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A associação positiva entre a MST e a ALT para o coeficiente de correlação simples se deve ao fato de que plantas maiores são capazes de acumular maior quantidade de biomassa. Esse resultado se confirmou na análise de correlações parciais. Já a associação negativa da MST com a PPAN ficou mais evidente por meio do uso de correlação parcial. Assim, o aumento da produção dos genótipos de sorgo pode estar relacionado ao aumento na massa das partes vegetativas e redução da massa de grãos e panículas.

Além da MST, a PPAN também apresentou correlação simples significativa com a massa seca de panículas (MSPan), que atingiu valor elevado e positivo (Tabela 5). Esse resultado foi confirmado pela análise de correlação parcial, que também foi alta e positiva. A elevada correlação existente entre a massa e a porcentagem de panículas fica evidente, já que

quanto maior a produção de panículas pelo genótipo, maior será a participação deste componente na composição morfológica da forragem. Flaressoet al. (2000) destacam que a participação de panícula está positivamente correlacionada com o aumento do teor de matéria seca, produção de grãos e qualidade da silagem. Nesse sentido, além de plantas mais produtivas, devem ser buscadas aquelas que tenham elevada participação de grãos e panículas em sua massa. A PPAN não apresentou correlação significativa com nenhuma outra variável do estudo (Tabela 5).

Foi identificada correlação simples significativa entre a ALT e o índice de acamamento (ACAM) (Tabela 5). Nesse sentido, a seleção de plantas de porte elevado para a produção de silagem (Santos et al., 2013) deve ser realizada com atenção frente a possibilidade de selecionar simultaneamente plantas que apresentem elevado ACAM. A maior altura dos genótipos experimentais com perfil para silagem pode torna-los mais suscetíveis ao efeito do vento e de outras características que influenciam o processo de tombamento. Corroborando com resultados encontrados nesse ensaio, Molina et al. (2000), também encontraram correlação positiva (0,27), entre a altura de planta e acamamento, avaliando seis híbridos de sorgo no estado de Minas Gerais.

4. CONCLUSÃO

Os genótipos experimentais de sorgo para produção de silagem são diferentes entre si para as variáveis agronômicas estudadas.

Os híbridos experimentais 14F21020, 13F23006 e 13F26005 apresentam desempenho e características superiores às das testemunhas avaliadas, apresentando maior potencial para serem utilizados na produção de silagem na região de São João del-Rei ou em locais com condições edafoclimáticas semelhantes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES V.M.C. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. 1. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 13-20, 1999.
- BOTELHO, P.R.F. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n. 3, p. 287-297, 2010.
- CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.49, n. 282, p.151-167, 2002.
- CARVALHO, D.D., ANDRADE, J.B., BIONDI, P. et al. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.49, n. 2, p.91-99, 1992.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.35, n. 3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1, p. 480, 2004.
- DALLA CHIEZA, E. et al. 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, 2008.
- ESECHIE, H. A.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 4, p. 609-612, 1977.
- FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho (*Zeamays* 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, 2000.
- FRANÇA, A.E.D. et al. Seleção simultânea em progênies de sorgo-sacarino por meio de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n. 10, p.1737-1743, 2016.
- JANUSCKIEWICZ, E. R. et al. Massa de forragem, composição morfológica e química do capim-Tanzânia sob diferentes dias de descanso e resíduos pós-pastejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 161-172, 2010.
- JONES, P.G.; THORNTON, P.K. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, Victoria, v.13, n. 1, p.51-59, 2003.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de latierra**. 1. ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Economica, 1948.

MAGALHÃES. P. C.; DURÃES F. O. M.; RODRIGUES. J. A. S. **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

MENDES, F.A.; RAMALHO, M.A.P.; AGREU, A.F.B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n. 10, p. 1312-1318, 2009.

MOLINA, L. R. et al. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 4, p. 647-654, 2000.

NEUMANN, M. **Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zeamays* L.) sobre perdas, valor nutritivo de silagens e desempenho de novilhos confinados**. 203 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 1, p.293-301, 2002.

SANTOS, R.D.DOS. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2013.

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folha/panícula 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n. 1, p.14-20, 1999.

SUN, X. Z.; WAGHORN, G. C.; CLARK, H. Cultivar and age of regrowth effects on physical, chemical and *in sacco* degradation kinetics of vegetative perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Animal Feed Science and Technology**, Mbombela, v. 155, n. 2, p. 172-185, 2010.

PERAZZO, A.F. et al. Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silagem Production Cultivated in Semiarid Conditions. **Frontiers in Plant Science**, Melbourne, v.8, n. 1088, p.1-8, 2017.

REIS, C.A.F. et al. Seleção de progênies de eucalipto pelo índice Z por MQM e Blup. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p.517-523, 2011.

TARDINI, F.D. et al. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n. 2, p.102-117, 2013.

VAN DE WOUW, M. et al. Characterization of a collection of perennial *Panicum* species. **Tropical Grasslands**, Cali, v.42, n. 1, p.40-53, 2008.

CAPÍTULO II: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA SILAGEM

Resumo – Objetivou-se com o trabalho avaliar a resposta produtiva e a composição bromatológica de 10 genótipos de sorgo para produção de silagem durante o período de dois anos agrícolas. Foram avaliados 10 genótipos de sorgo, sendo que sete experimentais e três são testemunhas comerciais. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2×10 , constituído por dois ambientes (dois anos de avaliação) e 10 genótipos de sorgo. Foi observado efeito significativo de genótipo para as variáveis altura de planta (ALT), massa seca total (MST), massa seca de panícula (MSP), porcentagem de panícula (PPAN), acamamento (ACAM) e tempo para o florescimento (FLORESC). Efeito significativo de ano foi observado para PPAN e MST. Já as variáveis ALT e FLORESC apresentaram interação genótipo x ano significativa. Os valores de massa seca total variam de 10.844,8 a 21.031,3 kg ha⁻¹ e a produção média de MST foi de 16.776,3 kg ha⁻¹. Os maiores valores de PPAN foram registrados para os híbridos 947072, 947216 e para a cultivar BRS 655. A produção de matéria seca total foi maior no primeiro ano (20455,4 kg/ha) em relação ao segundo (13097,2 kg/ha). Já a PPAN foi maior no segundo ano, com valores de 9,75% e 13,78%, respectivamente. Na avaliação do efeito de genótipo dentro de ano para tempo para o florescimento (FLORESC) verificou-se variação de 44,7 a 71,7 no primeiro e de 44,7 a 73,7 dias, no segundo ano. Foi observado efeito significativo de híbrido experimental para as características fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG). A variável proteína bruta (PB) também foi influenciada pelo ano de avaliação e pela interação entre genótipo e ano de avaliação. Híbrido experimental 1141570, destacou-se, por apresentar altura, aliada a uma boa produção de massa seca, quantidade de panícula, baixa taxa de acamamento e bom valor nutricional (baixa quantidade de FDN e Lignina e alta concentração de FDA e proteína bruta).

Palavras-chave: fibra, forragem, panícula, proteína bruta, *Sorghumbicolor*

YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF SORGHUM EXPERIMENTAL GENOTYPES FOR SILAGE PRODUCTION

Abstract – The objective of this work was to evaluate the productive response and the bromatological composition of 10 sorghum genotypes for silage production during the two - year agricultural period. Ten sorghum genotypes were evaluated, seven of which were experimental and three were commercial controls. The design was in randomized blocks in a 2×10 factorial scheme, consisting of two environments (two years of evaluation) and 10 sorghum genotypes. Plant height (ALT), total dry matter (DMM), dry mass of panicle (MSP), percentage of panicle (PPAN), bedding (ACAM) and time for flowering (FLORESC) . Significant year effect was observed for PPAN and MST. The ALT and FLORESC variables showed genotype x significant year interaction. The values of total dry mass varied from 10,844.8 to 21,031.3 kg ha⁻¹ and the average yield of MST was 16,776.3 kg ha⁻¹. The highest values of PPAN were recorded for hybrids 947072, 947216 and cultivar BRS 655. The total dry matter production was higher in the first year (20455.4 kg / ha) than the second one (13097.2 kg / ha). The PPAN was higher in the second year, with values of 9.75% and 13.78%, respectively. In the evaluation of the genotype effect within the year for flowering time (FLORESC), there was a variation from 44.7 to 71.7 in the first and from 44.7 to 73.7 days in the second year. A significant effect of experimental hybrid was observed for the characteristics of acid detergent fiber (FAD), neutral detergent fiber (NDF) and lignin (LIG). The crude protein (CP) variable was also influenced by the year of evaluation and by the interaction between genotype and year of evaluation. Experimental hybrids 1141570 showed a good dry matter production, panicle content, low lodging rate and good nutritional value (low amount of NDF and Lignin and high concentration of FDA and crude protein).

Key words: fiber, forage, panicle, crude protein, Sorghum bicolor

1. INTRODUÇÃO

A ensilagem é a principal técnica utilizada para conservação e armazenamento de forragem e proporciona, mediante bom planejamento, quantidade satisfatória de alimento suplementar de boa qualidade para utilização durante o período de escassez. Como parte dos procedimentos utilizados no manejo da ensilagem, temos a escolha da forrageira a ser conservada, que deve possuir características como boa produtividade, valor nutritivo e condições apropriadas para fermentação.

O sorgo tem sido mundialmente como cultura produtora de forragem para conservação (COLOMBINI et al., 2015; GETACHEW et al., 2016; PERAZZO et al., 2017; SINGH et al., 2017). Isso se deve a fatores como a sua maior rusticidade, menor exigência em nutrientes e menor demanda por água para encerramento do ciclo (MAGALHÃES et al., 2003; TAMELE, 2009; SANTOS, 2013). Diante disso, a seleção e avaliação de novos cultivares de sorgo é imprescindível para a diversificação da cadeia produtiva e para a maior difusão dessa cultura.

O número de cultivares de sorgo disponível no mercado ainda é pequeno, principalmente quando comparado ao número de cultivares de milho. Portanto, os conhecimentos acerca dos melhores genótipos e do seu potencial de utilização em determinadas regiões é restrito, o que gera demanda por plantas mais competitivas e adaptadas.

No processo de avaliação e seleção de genótipos experimentais de sorgo, a utilização de regiões diversificadas e a coleta de dados em mais de uma safra são importantes para identificar aqueles com maior adaptação e aumentar a acurácia dos resultados que serão a base para a recomendação destas plantas. Segundo Portugal et al. (2003), a utilização de cultivares mais adaptadas e produtivas é o que garante o sucesso da cultura. Os mesmos autores ressaltam que, além de informações sobre o desempenho agrônomico, as características bromatológicas da forrageira dessas cultivares também devem ser levadas em consideração no momento da escolha do material.

Assim, objetivou-se com o trabalho avaliar a resposta produtiva e a composição bromatológica de 10 genótipos de sorgo para produção de silagem durante o período de dois anos agrícolas na região do Campo das Vertentes, do Estado de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de São João del-Rei em parceria da Embrapa Milho em Sorgo no período de dezembro de 2015 a junho de 2017. O município de São João del-Rei está situado na latitude de 21°08'11''S e longitude de 44°15'43''W, a 904 m de altitude. O clima, pela classificação Köppen (1948), é do tipo Cwa, com estações secas (maio a outubro) e chuvosa (novembro a abril) bem definidas. A precipitação anual média é de 1456,3 mm e temperatura média 21,3 °C. Durante o experimento, os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica situada a 300 m da área experimental (Figuras 1A e 1B).

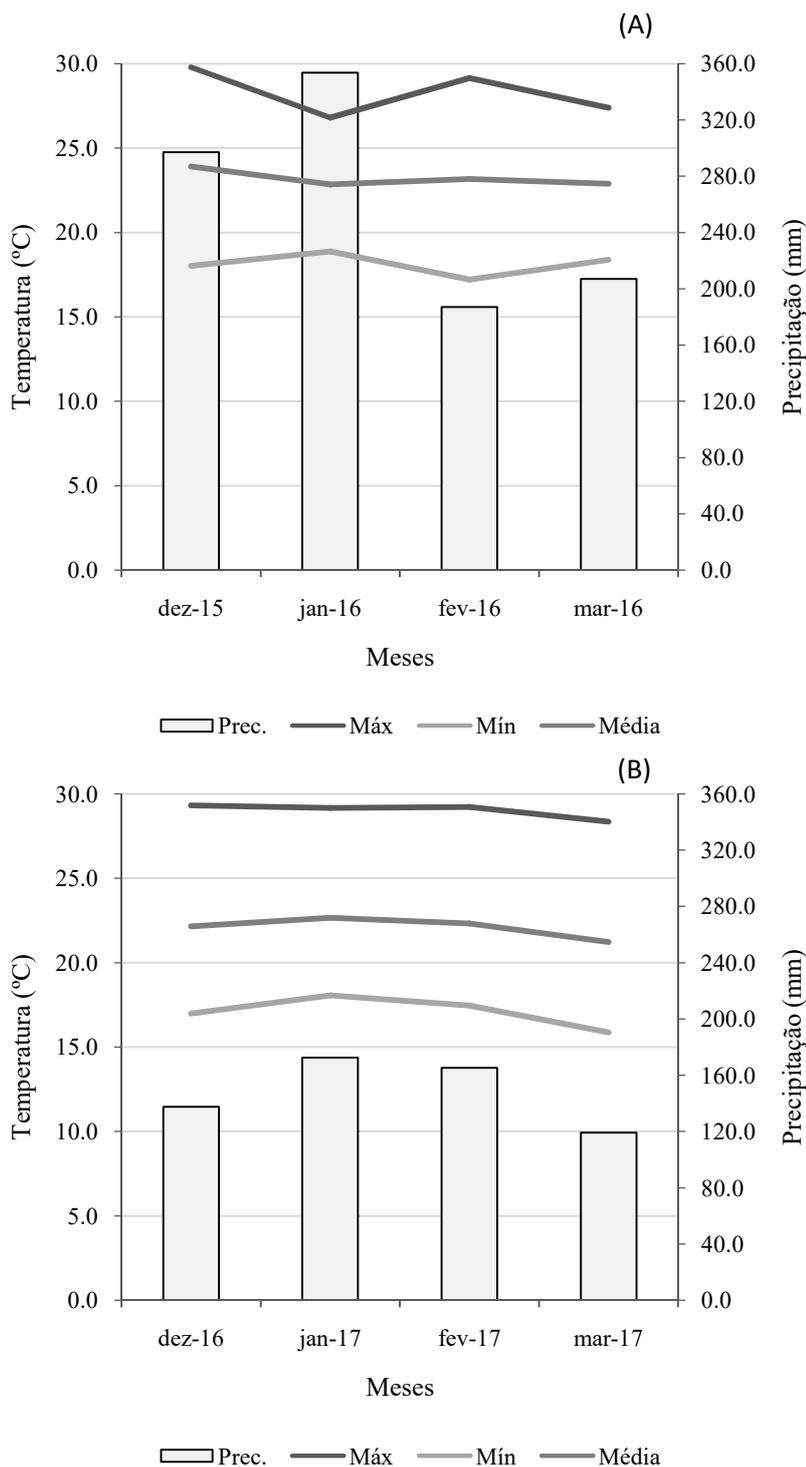


Figura 2. Precipitação acumulada (Prec.), temperatura mínima (Mín), temperatura média (Média) e temperatura máxima (Máx) do município de São João del-Rei – MG, durante o primeiro (A) e segundo (B) anos de avaliação.

Foram avaliados 10 genótipos de sorgo, sendo que sete fazem parte do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e três são testemunhas comerciais. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2×10 , constituído por dois ambientes (dois anos

de avaliação) e 10 genótipos de sorgo. Foram avaliadas as variedades experimentais 947072, 947216, 1141126, 1141554, 1141562, 1141570 e 114157, e as cultivares BRS506, BRS655 e Ponta Negra.

Antes do estabelecimento, foram coletadas amostras de solo da área experimental para caracterização química e física e avaliação da necessidade de aplicação de corretivos e fertilizantes. O solo da área experimental apresentou as seguintes características: pH em água relação (1:2,5) = 6,12; P = 6,7 mg.dm³; K = 160 mg.dm³; Ca = 4,63 cmolc.dm³; Mg = 0,53 cmolc.dm³; Al = 0,00 cmolc.dm³; H + AL = 0,95 cmolc.dm³; MO = 3,70 dag.kg; SB= 5,57 cmolc.dm³; CTC (efetiva - t) = 5,57cmolc.dm³; V%= 85,4. Diante dos resultados, não houve a necessidade da aplicação de calcário. A interpretação e recomendação das doses de adubos e corretivos foi realizada de acordo com Alves et al. (1999).

As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de 5 m espaçadas entre si por 0,7 m. Cada parcela foi posicionada lado a lado às demais. A semeadura foi realizada manualmente no dia 7 e 12 de dezembro no primeiro e segundo ano respectivamente, de modo a se estabelecer número médio de 12 plantas por metro linear. Em volta dos blocos realizou-se a semeadura de uma bordadura, de uma cultivar comercial utilizada na região, afim de reduzir a falta o efeito sombreamento realizado pelas outras parcelas, o qual as parcelas da extremidade não possuem. A semeadura foi realizada de modo a se estabelecer número médio de 12 plantas por metro linear.

Durante a semeadura, foram aplicados cerca de 70g de adubo 05-20-05 por parcela (35g por linha) e, 30 dias após a germinação, foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura com 460 g de sulfato de amônio por parcela (230 g por linha). Cerca de 15 dias após a germinação, foi realizado o desbaste para proporcionar número final de 120 plantas por parcela ou 60 plantas por linha (densidade de 12 plantas por m linear). Antes da adubação de cobertura, foi realizado controle manual das plantas daninhas.

Para o controle do pulgão-verde (*Schizaphisgraminum*) e da lagarta-do-cartucho (*Spodopterafrugiperda*), foram realizadas aplicações de Diazinon 40 PMem diluição de 1 kg/ha e zeta-Cipermetrina 300g/L aos 34 e 44 dias após a germinação, respectivamente.

Considerou-se a data de pleno florescimento, quando 50% das plantas da parcela apresentavam flores abertas: a colheita aconteceu quando as plantas encontravam com 30% de MS, acontecendo no dia 24/03 e 17/04 no primeiro e segundo ano respectivamente. No momento da colheita, 10 plantas foram retiradas em cada parcela para avaliação e separação dos componentes morfológicos: folhas, colmos, material morto e panículas. Após a separação, os mesmos foram destinados à estufa de circulação forçada para determinação do peso de

cada componente e a sua participação na composição morfológica da forragem por meio das porcentagens de folhas (PFOL), colmos (PCOL), panículas (PPAN) e material morto (PMOR).

Para determinar a produção total de cada genótipo, foi realizado o corte do restante do material da parcela a 20 cm do solo para posterior pesagem. A forragem colhida foi triturada em ensiladora estacionária e direcionada à estufa à 65 °C por 72 h para secagem. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey em peneira de 1 mm e levadas à estufa de 105 °C por 24 h. De posse do teor de matéria seca e das médias de massa colhidas no campo, foram estimadas a produção de massa seca total (MST), estimada em gramas por metro linear e expressa em quilogramas por hectare. De posse da MST e da PPAN, estimou-se a massa seca de panículas (MSPan).

Além destas medidas também foram registradas a altura média (ALT) das plantas em cada parcela no momento do corte, do número de dias necessários para que as plantas entrassem em pleno florescimento (FLORESC) e da taxa de acamamento (ACAM), medida por meio da relação entre o número total de plantas na parcela e do número de plantas acamadas no momento do corte.

Para determinação da composição bromatológica do material a ser ensilado, os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram estimados nas amostras secas e moídas de forragem por meio da técnica de espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS), de acordo com os procedimentos de Merten et al. (1985). Os valores de PB, FDN, FDA e LIG foram obtidos por equações de calibração desenvolvidas por métodos convencionais.

Os dados foram submetidos a análise de variância adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade. Quando da verificação de diferenças significativas entre os genótipos, as médias foram comparadas por teste Duncan. No caso de interação significativa, procedeu-se a decomposição da mesma. Todas as análises foram realizadas no software estatístico Genes versão 1990.2017.29 (Cruz, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi observado efeito significativo de genótipo para as variáveis altura de planta (ALT), massa seca total (MST), massa seca de panícula (MSPan), porcentagem de panícula (PPAN), acamamento (ACAM) e tempo para o florescimento (FLORESC) ($P < 0,05$). Efeito significativo de ano foi observado para PPAN e MST. Já as variáveis ALT e FLORESC apresentaram interação genótipo x ano significativa ($P < 0,05$).

Na decomposição da interação entre genótipo e ano para ALT, verificou-se variação de 210,2 a 333,1 e 160 a 217,7 cm para o primeiro e segundo ano, respectivamente. Vale ressaltar que os materiais apresentaram altura superior à dos híbridos comerciais, excetuando-se a cultivar Ponta Negra que, no segundo ano, apresentou altura estatisticamente igual à dos genótipos 1141554 e 1141570 (Tabela 6).

Tabela 6 – Altura média de genótipos de sorgo silageiro avaliadas na safra 2016 e 2017 em São João del-Rei

Genótipo	Ano 1	Ano 2
947072	210,2 Ae	164,1 Bde
947216	234,7 Ade	173,7 Bde
1141126	263,0 Acd	169,8 Bde
1141554	298,7 Ab	217,7 Bab
1141562	333,1 Aa	160,0 Be
1141570	305,6 Aab	244,6 Ba
1141572	311,1 Aab	184,0 Bcde
BRS506	249,1 Ad	196,9 Bbcd
BRS655	250,6 Ad	190,0 Bbcde
Ponta Negra	288,1 Abc	216,8 Babc
Média geral		233,1
CV (%)		7,41

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A variação observada entre os anos de avaliação provavelmente se deve à maior precipitação observada no primeiro ano (Figura 2). Ressaltamos que temperatura e precipitação são fatores de crescimento capazes de estimular o crescimento e acelerar o desenvolvimento das plantas.

No primeiro ano os híbridos experimentais que apresentaram maiores alturas foram 1141562 1141570 e 1141572, com 333,1; 305,6 e 311,1 cm, respectivamente (Tabela 6). No segundo ano as maiores alturas foram observadas para os híbridos experimentais 1141570, 1141554 e para a cultivar Ponta Negra com média de 244,6; 217,7 e 216,8 cm,

respectivamente (Tabela 6). É possível que a cultivar Ponta Negra tenha conseguido manter melhor desempenho para ALT no segundo ano que foi caracterizado por condições climáticas menos favoráveis. Da mesma forma, o híbrido experimental 1141572 pode ter sido prejudicado pela menor precipitação do segundo ano e apresentou altura inferior. Perazzo et al. (2017), em estudo com 21 genótipos de sorgo e três testemunhas em condições semiáridas, encontraram altura média de 189 cm, valor inferior ao observado no presente trabalho (233,1 cm) (Tabela 6). De forma geral, a altura apresenta correlação positiva com variáveis como produção de massa seca, porcentagem de colmo e porcentagem de acamamento, sendo as últimas pouco desejáveis para a produção eficiente de forragem (CORRÊA et al., 1996).

Ao se avaliar o efeito de ano dentro de genótipo, foi possível verificar que todas as cultivares apresentaram desempenho inferior no segundo ano, evidenciando que as condições ambientais observadas no mesmo foram de fato desfavoráveis ao desenvolvimento da altura do sorgo.

O acamamento prejudica a utilização de maquinário o que torna a colheita pouco eficiente, sendo assim, quando o genótipo apresenta alta porcentagem de acamamento, o mesmo deve ser excluído do programa de seleção. Para a característica de acamamento, a variação foi de 0,93 a 61,37% (Tabela 7), sendo a cultivar BRS655 aquela que apresentou maior acamamento.

Tabela 7 – Características agrônômicas de genótipos de sorgo para produção de silagem, ao longo das safras 2016 e 2017.

Genótipo	MST ¹ (kg/ha)	MSPAN ² (kg/ha)	%Pan ³ (%)	ACAM ⁴ (%)
947072	10.844,8 D	2.124,1 AB	20,06 A	18,23 B
947216	12.750,2 CD	1.897,6 AB	14,82 ABC	4,97 B
1141126	16.889,7 ABC	1.769,7 AB	10,93 BCD	12,90 B
1141554	21.114,1 A	1.991,9 AB	9,65 CD	20,70 B
1141562	15.504,2 BC	1.416,6 AB	9,50 CD	0,93 B
1141570	21.031,3 A	1.402,2 AB	6,68 D	28,73 B
1141572	18.279,0 AB	1.738,0 AB	10,42 BCD	6,33 B
BRS506	15.085,1 BCD	912,5 B	6,69 D	10,88 B
BRS655	16.660,4 ABC	2.598,3 A	16,42 AB	61,37 A
Ponta Negra	19.604,7 AB	2.400,6 A	12,46 BCD	13,68 B
Média geral	16.776,3	1.825,1	11,76	17,87
CV (%)	15,15	40,78	28,38	98,18

¹Massa seca total; ²Massa seca de panícula; ³Porcentagem de panícula; ⁴Acamamento; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Santos et al. (2013), em experimento com cinco cultivares de sorgo destinados a produção de silagem, observaram acamamento de 3,4%, valor inferior à média geral deste

estudo (Tabela 7). Vale salientar que os referidos autores avaliaram cultivares já comercializadas, o que justifica a baixa taxa de acamamento. Já Von Pinho et al. (2007) observaram porcentagem de acamamento variando de 0 a 0,42%, 3,4 a 34,17% e 1 a 4% para sorgo de duplo propósito, sorgo forrageiro e milho, respectivamente.

Os valores de massa seca total variaram de 10.844,8 a 21.031,3 kg.ha⁻¹ (Tabela 7). Os melhores resultados foram observados para os genótipos 1141554, 1141570, 1141572, Ponta Negra, 1141126 e BRS655, sendo o maior valor absoluto registrado para o genótipo 1141554 (21.114,1 kg.ha⁻¹). Estes resultados evidenciam o potencial do genótipo experimental para produção de silagem. A produção média de MST foi de 16.800 Kg.ha⁻¹, valor inferior ao observado por Santos et al. (2013), que obtiveram desempenho médio de 19.700 Kg.ha⁻¹ para cultivares comerciais, e superior ao resultado de Oliveira et al. (2005) que obtiveram 15.200Kg.ha⁻¹.

Os maiores valores de PPAN foram registrados para os genótipos 947072, 947216 e para a cultivar BRS 655 (Tabela 6). Oliveira et al. (2005) observaram diferença significativa entre as cultivares de sorgo granífero para porcentagem de panícula, onde a média foi de 55,92%, valor superior ao observado neste ensaio (11,763%). A porcentagem de panículas é indicativo da participação de grãos na silagem. Assim, deve-se buscar o aumento deste componente morfológico da forragem em cultivares de sorgo silageiro.

Houve efeito significativo de ano para porcentagem de panícula (PPAN) e massa seca total (MST) (Tabela 8). A MST foi maior no primeiro ano (20.455,4 Kg.ha⁻¹) em relação ao segundo (13.097,2 Kg.ha⁻¹) e a PPAN foi menor no primeiro (9,75%) em relação ao segundo (13,78%) (Tabela 3). É possível que no primeiro ano, as condições climáticas tenham favorecido o crescimento da parte vegetativa, o que aumentou substancialmente biomassa da parte aérea e resultou em menor PPAN, já que a massa de panículas não variou entre os anos de avaliação.

Como as mais diversas espécies de plantas, o desenvolvimento e a produtividade do sorgo estão associados, além da genética, com fatores ambientais como precipitação, temperatura e radiação solar (LIMA et al., 2017). Os autores ainda destacam que o Brasil tem uma grande diversidade em termos de condições climáticas, e que, portanto, não se espera um comportamento comum de híbridos de sorgo em todas as regiões. A identificação de cultivares adaptadas a cada região torna-se essencial à medida que a cultura se expande ao plantio em diferentes momentos e condições edafoclimáticas (SILVA et al., 2013).

A escolha de cultivares de maior produção de grãos faz parte dos critérios utilizados na seleção de sorgo para produção de silagem (RODRIGUES, 2014). A maior participação de

panículas, além de conferir maior valor nutritivo, também melhora o processo de fermentação, já que as panículas têm maior teor de matéria seca e contribuem para que a forragem atinja teor de matéria seca adequado para o processo de ensilagem (OLIVEIRA et al., 2005).

Tabela 8 – Porcentagem de panículas (PPAN) e massa seca total (MST) de genótipos de sorgo avaliados nas safras 2016 e 2017

Ano	PPan (%)	MST (kg/ha)
1	9,74 B	20.455,4 A
2	13,78 A	13.097,2 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na avaliação do efeito de genótipo dentro de ano, para tempo para florescimento (FLORESC) verificou-se variação de 44,7 a 71,7 no primeiro e de 44,7 a 73,7 dias, no segundo ano (Tabela 9). No primeiro e segundo anos, os genótipos mais precoces foram 947072 e BRS655. Já os materiais mais tardios variaram entre os anos de avaliação, sendo 1141554, 1141562, 1141570 e 1141572 os mais tardios no primeiro ano e somente o genótipo 1141554, no segundo ano. O tempo para o pleno florescimento é uma variável importante pois, quanto mais precoce for o híbrido, mais cedo a planta será colhida, aumentando a probabilidade de a cultura proporcionar uma segunda colheita de forragem. Plantas de ciclo curto são mais indicadas para regiões com maiores temperaturas e menor índice pluviométrico, pois a necessidade de precipitação acumulada é menor, o que reduz as chances de ocorrência de estresse hídrico.

Lima et al. (2017), analisando 24 híbridos experimentais de sorgo em quatro diferentes regiões (Sete Lagoas-MG, Nova Porteirinha-MG, Passo Fundo-RS e Goiânia-GO), encontraram diferença entre as localidades com os híbridos experimentais, observando valores variando entre 75 a 90, 74 a 87, 74 a 82 e 70 a 77 dias para as regiões Sete Lagoas, Nova Porteirinha, Passo Fundo e Goiânia, respectivamente. Os valores relatados foram superiores aos observados no presente trabalho.

Tabela 9 – Tempo necessário para o pleno florescimento de genótipos de sorgo avaliados nas safras 2016 e 2017

Genótipo	Tempo para o florescimento (dias)	
	Ano 1	Ano 2
947072	44,7 Ad	44,7 Ad
947216	64,0 Ab	62,7 Ab
1141126	62,0 Ab	63,0 Ab
1141554	71,7 Aa	73,7 Aa
1141562	70,3 Aa	64,0 Bb
1141570	70,3 Aa	63,3 Bb
1141572	71,7 Aa	61,3 Bb
BRS506	54,0 Ac	53,3 Ac
BRS655	46,7 Ad	45,7 Ad
Ponta Negra	61,7 Ab	61,7 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Foi observado efeito significativo de genótipo ($P < 0,05$) para as características fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) (Tabela 10). A variável proteína bruta (PB) também foi influenciada pelo ano de avaliação e pela interação entre genótipo e ano de avaliação (Tabela 11). Foram observados valores entre 31,44 a 39,95% para FDA; 54,57 a 65,36% para FDN; e 6,56 a 4,5% para lignina. Os genótipos analisados apresentaram valores iguais ou superiores aos observados pelas testemunhas para todas as características analisadas. O menor valor de FDA foi observado para a cultivar BRS 506 (31,46%), que não diferiu estatisticamente da maioria dos materiais, excetuando-se 1141126 e 1141562. Baixos teores de FDA são importantes, pois este componente está diretamente relacionado com a digestibilidade do alimento.

Em relação ao teor de FDN, os valores mais baixos foram observados para as cultivares de BRS 506, 1141570 e 1141572. Para LIG, a cultivar BRS 506 também apresentou o menor valor (4,31%), não diferindo estatisticamente dos genótipos 1141126, 1141554, 1141570 e 1141572. De acordo com Ferreira et al. (2015), a importância da determinação das frações fibrosas das plantas forrageiras é decorrente da influência destes componentes sobre o consumo, digestibilidade, taxa de passagem e atividade mastigatória dos animais ruminantes. Os mesmos autores ainda destacam que, se a dieta for muito rica em fibra sua densidade energética tende a ser baixa, seu consumo é limitado pelo enchimento ruminal e o desempenho animal pode ser comprometido. Entretanto, Mertens (1997) ressalta que, se as dietas apresentarem baixo conteúdo de fibra, aumenta-se a incidência de distúrbios

alimentares como a acidose, o que poderá levar ao comprometimento do desempenho e da saúde animal.

Tabela 10 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em genótipos de sorgo silageiro, nas safras 2016 e 2017

Genótipo	FDA (%)	FDN(%)	LIG(%)
947072	36,39 AB	63,48 A	6,56 A
947216	36,73 AB	61,98 A	5,85 AB
1141126	37,95 A	62,25 A	5,53 ABC
1141554	36,89 AB	61,65 A	5,28 BC
1141562	39,95 A	65,36 A	5,96 AB
1141570	36,03 AB	60,79 AB	5,51 ABC
1141572	35,71 AB	60,31 AB	5,39 BC
BRS 506	31,44 B	54,57 B	4,50 C
BRS 655	36,40 AB	62,59 A	6,23 AB
PONTA NEGRA	35,83 AB	61,18 A	5,80 AB
Média Geral	36,33	61,41	5,66
CV (%)	9,02	5,87	10,29

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Lima et al. (2017), em Sete Lagoas observou-se valores médios 54,54%, 34,83%, 6,16% e 8,2% FDN, FDA, lignina, e proteína bruta, respectivamente. Esses autores observaram valores médios próximos aos obtidos neste ensaio. Dados próximos também foram encontrados por Tolentino et al. (2016), em estudo 24 genótipos de sorgo, 56,39% de FDN, 34,99% de FDA e 6,38% de lignina.

A decomposição do efeito de genótipos dentro de ano evidenciou que o teor de PB variou entre os genótipos apenas no primeiro ano (Tabela 11). O genótipo 1141570 apresentou o maior teor de proteína (12,00%) e não diferiu estatisticamente da maioria dos genótipos, exceto de 1141562 e Ponta Negra, que apresentaram teores de 6,81 e 7,63, respectivamente. Deve-se ressaltar que os genótipos que apresentaram valores mais elevados de PB encontram-se acima do valor mínimo recomendado para ruminantes, que é de 7% (VAN SOEST, 1994).

Tabela 11 - Teor de proteína bruta em genótipos de sorgo para produção de silagem, nas safras 2016 e 2017

Genótipos	Proteína bruta (%)	
	Ano 1	Ano 2
947072	10,79 Aa	7,15 Ba
947216	9,46 Aabc	6,94 Aa
1141126	9,19 Aabc	5,98 Ba
1141554	9,64 Aabc	5,31 Ba
1141562	6,81 Ac	6,77 Aa
1141570	12,00 Aa	5,00 Ba
1141572	10,27 Aab	5,52 Ba
BRS 506	9,63 Aabc	4,90 Ba
BRS 655	9,33 Aabc	7,29 Aa
PONTA NEGRA	7,63 Abc	6,75 Aa
Média Geral		7,82
CV (%)		20,23

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Quando avaliada a decomposição do efeito de ano dentro de genótipo, ficou evidente que a maioria dos indivíduos apresentou maior teor de proteína no primeiro ano, exceto os híbridos 1141562 e 947216 e as cultivares BRS 655 e PONTA NEGRA. Provavelmente, a maior disponibilidade hídrica registrada no primeiro ano de avaliação tenha proporcionado melhores condições para a absorção de nitrogênio no solo, levando às diferenças observadas. Von Pinho et al. (2007) observou teor de PB entre 8,2 e 9,5 para sorgo de duplo propósito. O teor de proteína é um dos fatores mais limitantes à alimentação de ruminantes em pastagens, sobretudo no período de entressafra. Assim, a suplementação volumosa com silagem de sorgo no período da seca pode suprir parte das deficiências dos animais.

4. CONCLUSÃO

Os genótipos experimentais de sorgo testados possuem potencial para lançamento no mercado, atendendo à necessidade do produtor, por apresentar desempenho igual ou superior as cultivares comerciais. O genótipo 1141570, destacou-se por apresentar elevada altura, aliada a uma boa produção de massa seca, de panícula, baixa taxa de acamamento e elevado teor de proteína bruta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES V.M.C. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. 1. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 13-20, 1999
- COLOMBINI, S. et al. Substitution of corn silage with sorghum silages in lactating cow diets: *in vivo* methane emission and global warming potential of milk production. **Agricultural Systems**., Montevideo, v.136, n. 1, p. 106-113, 2015.
- CORRÊA, C. E. S., RODRIGUES J. A. S., GONÇALVES, L. C. Determinação da produção de matéria seca e das proporções de colmo, folha e panícula de treze híbridos de sorgo. **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Reunião Anual, 33. SBZ, Fortaleza, p. 374-376, 1996.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1, p. 480, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA MILHO E SORGO – EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do Sorgo**. Sete Lagoas: CNPMS, p. 2014.
- FERREIRA, P.D.S. et al. Valor nutricional de híbridos de sorgo para corte e pastejo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em diferentes fases fenológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 377-390, 2015.
- GETACHEW, G. et al. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. **American Journal of Plant Sciences**, Wuhan, v.7, n. 7, p.1106-1121, 2016.
- HUNTER, R. B. Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 58, n. 7, p.661-678, 1978.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estudo de los climas de la tierra**. 1. ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Economica, 1948.
- LIMA, L. O. B. et al. Agronomic traits and nutritional value of forage sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 7-12, 2017.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Madison, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.
- MERTEN O.W. et al. Monoclonal Elisa for the determination of BNYV-virus. **Develop. bio. Standard**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 451-6, 1984.
- PARFITT, J.M.B. **Produção de milho e sorgo em várzea**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 146, 2000.
- PERAZZO, A.F. et al. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**, Melbourne, v.8, supl., p.1-8, 2017.

PORTUGAL, A.F. et al. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na "safrinha". **Revista Ceres**, Viçosas, v.50, n. 289, p.325-336, 2003.

SANTOS, R. D. DOS. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2013.

SILVA, K. J. et al. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n. 1, p. 44-53, 2013.

SINGH, S. et al. Nutritional evaluation of different varieties of sorghum stovers in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Mbombela, v.227, n. 1, p.42-51, 2017.

TAMELE, O.H. **Manejo de híbridos de sorgo e cultivares de milho em sistemas de pastejo rotativo**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

TOLENTINO, D.C. et al. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016.

OLIVEIRA, R. DE P.; FRANÇA, A. F. DE S.; RODRIGUES, J.A.S. Híbridos de sorgo forrageiro: Onde estamos? Para onde vamos? In: VIISimpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa. **Anais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 301-328, 2014.

OLIVEIRA, E. R. DE. et al. Características agrônomicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n. 1, p. 45-53, 2005.

PENATI, M.A. **Relação de alguns parâmetros agrônômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zeamays* L.,) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

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

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

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos. Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p. 169-217, 1991.