

**ALESSANDRO GUERRA DA SILVA**

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO  
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO-FOTOPERIÓDICAS**

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL**

**2003**

ALESSANDRO GUERRA DA SILVA

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO  
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO-FOTOPERIÓDICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2003

ALESSANDRO GUERRA DA SILVA

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO  
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO-FOTOPERIÓDICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

APROVADA: 27 de janeiro de 2003.

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Prof. Cosme Damião Cruz

---

Prof. Tocio Sedyama

---

Dra. Maria Aparecida Nogueira Sedyama

---

Prof. Valterley Soares Rocha  
(Orientador)

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586d  
2003  
Silva, Alessandro Guerra da, 1973-  
Desempenho de cultivares de sorgo forrageiro sob  
diferentes condições termo-fotoperiódicas / Alessandro  
Guerra da Silva. – Viçosa : UFV, 2003.  
159p. : il.

Orientador: Valterley Soares Rocha  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Sorgo - Desenvolvimento - Efeito do fotoperíodo. 2.  
Sorgo - Desenvolvimento - Efeito da temperatura. 3.  
Sorgo - Semeadura - Época. 4. Sorgo - Rendimento. 5.  
Sorgo - Adaptabilidade. 6. Sorgo - Estabilidade. I. Univer-  
sidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 633.2574  
CDD 20.ed. 633.2574

A DEUS,

em quem creio e que tornou possível a realização deste sonho.

Aos meus pais,

JOSÉ ANTÔNIO e VILMA,

pelo exemplo de vida e apoio a minha formação.

A minha esposa,

VIVIANE,

pelo amor, carinho e auxílio

em todos momentos de minha vida.

As minhas irmãs e ao sobrinho,

VANESSA, VIVIANE e MARCOS VINÍCIUS,

que sempre me apóiam e incentivam.

Aos meus sogros,

WILSON e TEREZINHA,

que sempre me incentivam,

e aos demais membros da família,

mesmo estando ausentes da nossa convivência.

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que colaboraram para a realização deste trabalho, em especial:

A Deus, que fez com que todas as dificuldades fossem superadas com entusiasmo e coragem.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), principalmente ao curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade a mim concedida de realizar este curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Valterley Soares Rocha, que, com sua sábia e dedicada orientação, amizade, confiança e ensinamentos transmitidos, sempre me estimulou em minha vida profissional.

Aos professores e pesquisadores Paulo Roberto Cecon, Cosme Damião Cruz, Tocio Sedyama e Maria Aparecida Nogueira Sedyama, pela disponibilidade de participarem da banca de defesa de tese e pelas importantes contribuições apresentadas.

Aos professores Carlos Alberto Martinez y Huaman e Paulo Roberto Gomes Pereira, pela disponibilidade de participarem da banca do exame de

qualificação e ao professor Everardo Chartuni Mantovani, pelas sugestões apresentadas durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos Arley, Orlando, Henrique e Luana, pelo convívio, pela amizade e pelo espírito de colaboração, na certeza de que os momentos que passamos dentro e fora da Universidade jamais sejam esquecidos.

À secretária de pós-graduação, Mara, meu reconhecimento pelos seus importantes serviços prestados.

Aos funcionários do setor de pesquisa do campus experimental de Coimbra (DFT/UFV), pelos auxílios prestados na condução dos ensaios de campo.

Aos funcionários do setor de Transportes da UFV, em especial Reinaldo e Paulo, que contribuíram na disponibilidade de condução para o deslocamento até os ensaios.

Aos funcionários dos Laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas e Sementes, pelo apoio na realização dos trabalhos.

Aos funcionários da Biblioteca Central da UFV, pelo apoio e pela colaboração às pesquisas bibliográficas durante o exame de qualificação.

Às empresas, Agrocere-Monsanto e EMBRAPA/CNPMS, pelo fornecimento das sementes, sem as quais este trabalho não poderia ser realizado.

Aos ex-colegas de república, pelo prazer em conciliar o mesmo lar durante o período de realização do curso.

Enfim, um agradecimento muito especial ao casal Geraldo Vidigal e Maria José, aos meus familiares e a minha esposa, Viviane, que com seu amor, carinho e apoio possibilitou vencer mais uma etapa em minha vida.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO.**

## **BIOGRAFIA**

ALESSANDRO GUERRA DA SILVA, filho de José Antônio da Silva Filho e Vilma Terezinha Guerra Silva, nasceu em Conselheiro Lafaiete (MG), aos 12 dias do mês de setembro de 1973.

Em 1991, ingressou no curso de Agronomia pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), atualmente Universidade Federal de Lavras (UFLA). Durante sua vida acadêmica, participou de vários projetos de pesquisa e de extensão pelos Departamentos de Engenharia Agrícola e Ciência do Solo, tendo sido, em 1995, monitor das disciplinas “Conservação de Solo e Água” e “Características e Propriedades dos Solos”, ministradas no Departamento de Ciência do Solo.

Em 1995, concluiu o curso de Graduação na UFLA. Em 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, na área de concentração em Fitotecnia, pela referida Universidade, com conclusão em 1998.

Neste mesmo ano, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), na área de concentração em Produção Vegetal com enfoque em Fisiologia da Produção.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I AVALIAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO- FOTOPERIÓDICAS.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Efeito do fotoperíodo .....	5
2.2. Efeito da temperatura.....	8
2.3. Interação fotoperíodo e temperatura.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Caracterização do experimento.....	14
3.2. Características avaliadas.....	16

3.3. Análises estatísticas.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Sensibilidade termo-fotoperiódica.....	19
4.2. Floração.....	27
4.3. Maturação.....	32
4.4. Estádio de Crescimento 2.....	36
4.5. Estádio de Crescimento 3.....	41
5. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CAPÍTULO II ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SEMEADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	56
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3.1. Caracterização do experimento.....	60
3.2. Características avaliadas.....	62
3.3. Análises estatísticas.....	63
3.4. Método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação.....	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1. Rendimento de matéria verde.....	68
4.2. Rendimento de matéria seca.....	74
4.3. Rendimento de proteína bruta.....	81
5. CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

CAPÍTULO III AVALIAÇÃO DOS CARACTERES AGRONÔMICOS DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO-FOTOPERIÓDICAS	93
1. INTRODUÇÃO.....	93
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	95
2.1. Épocas de semeadura.....	95
2.2. Rendimento de forragem.....	97
2.3. Relação folha, colmo e panícula.....	99
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	101
3.1. Caracterização do experimento.....	101
3.2. Características avaliadas.....	103
3.3. Análises estatísticas.....	104
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
4.1. Rendimento de matéria verde.....	106
4.2. Rendimento de matéria seca.....	114
4.3. Rendimento de proteína bruta.....	118
4.4. Altura de plantas.....	123
4.5. Número de nós.....	128
4.6. Porcentagem de folhas, colmos e panículas na matéria seca das plantas.....	132
4.6.1. Porcentagem de folhas.....	132
4.6.2. Porcentagem de colmos.....	136
4.6.3. Porcentagem de panículas.....	139
5. CONCLUSÕES.....	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
CONCLUSÕES GERAIS.....	152
ANEXOS.....	153

## RESUMO

SILVA, Alessandro Guerra. D.S. Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2003. **Desempenho de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas.** Orientador: Valterley Soares Rocha. Conselheiros: Carlos Alberto Martinez y Huaman e Paulo Roberto Cecon.

O sorgo forrageiro apresenta sensibilidade ao fotoperíodo e isto provoca variações no rendimento de forragem quando cultivado em diferentes épocas do ano. A fim de obter maiores informações da sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura do sorgo forrageiro, efetuou-se um experimento no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o ano agrícola 1999/2000. O objetivo foi o de verificar os efeitos do fotoperíodo e da temperatura nos estádios fenológicos e nos caracteres agrônômicos, além da adaptabilidade e estabilidade do rendimento de forragem de diferentes cultivares de sorgo forrageiro cultivados em diferentes épocas do ano. Um conjunto de oito ensaios foi utilizado, sendo iniciado na primeira quinzena dos meses de outubro a maio, a partir de outubro de 1999. O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os cultivares de sorgo usados foram: AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 e BR 700 (forrageiros), AG 2005E e Massa 03 (duplo propósito) e AG 2501C e BRS 800 (corte e pastejo). Os estádios fenológicos e os caracteres agrônômicos de cada cultivar foram avaliados em cada época de semeadura, utilizando o teste de Scott-Knott para

comparação entre os grupos de médias dos tratamentos. Avaliou-se a adaptabilidade e a estabilidade do rendimento de forragem dos cultivares, utilizando o método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação. Os resultados obtidos permitiram concluir que os cultivares AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 foram sensíveis ao fotoperíodo, enquanto que o AG 2005E, AG 2501C, BR 506, BRS 800 e Massa 03 apresentaram comportamento de insensibilidade. O decréscimo da temperatura ocasionou o atraso do desenvolvimento fenológico de todos os cultivares. As variações do fotoperíodo e da temperatura influenciaram todos os caracteres agrônômicos dos cultivares forrageiros, sendo que para os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo, isto foi atribuído às variações da temperatura. Por apresentar rendimentos superiores em relação à média geral, as semeaduras de outubro a dezembro foram consideradas como ambientes favoráveis para as variáveis matéria verde e matéria seca, acrescido de janeiro para a proteína bruta. Os cultivares BR 506 e AG 2002 destacaram-se no rendimento de matéria verde, na previsibilidade de comportamento e na adaptação aos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Para a matéria seca, o AG 2002 e o AG 2501C apresentaram maior previsibilidade de comportamento e maior adaptação aos ambientes desfavoráveis, sendo que o BR 506 e o AG 2002 foram os mais adaptados aos ambientes favoráveis. Para a proteína bruta, o AG 2501C e o Massa 03 destacaram-se no rendimento, na previsibilidade de comportamento e na adaptação aos ambientes desfavoráveis, sendo que o AG 2501C foi o mais adaptado aos ambientes favoráveis.

## ABSTRACT

SILVA, Alessandro Guerra. D.S. Universidade Federal de Viçosa, January of 2003. **Forage sorghum cultivar performance under different thermo photoperiod conditions.** Adviser: Valterley Soares Rocha. Committee Members: Carlos Alberto Martinez y Huaman and Paulo Roberto Cecon.

Forage sorghum is sensitive to photoperiod causing variations in forage yield when cultivated in different times of the year. To obtain further information on sensitivity to photoperiod and temperature, a trial was set up in the Experimental Field of the Department of Plant Science at the Universidade Federal de Viçosa, during the agricultural year 1999/2000 to verify the effects of photoperiod and temperature on the phenological stages and agronomic characters, as well as forage yield adaptability and stability of different forage sorghum cultivars in different times of the year. A group of 8 experiments was used, starting in the first fortnight of October 1999 through May 2000. Each experiment was arranged in randomized blocks with four replications. The sorghum cultivars used were: AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 and BR 700 (forage), AG 2005E and Massa 03 (dual purpose) and AG 2501C and BR 800 (cutting and grazing). The phenological stages and the agronomic characters of each cultivar were evaluated at each sowing time, using the Scott-Knott test to compare the treatment average groups. The forage yield adaptability and stability of the cultivars were evaluated using the method of the quadratic trapezes weighted by the variation coefficient. It was concluded that

the cultivars AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 and BR 700 were sensitive to photoperiod, while AG 2005E, AG 2501C, BR 506, BRS 800 and Massa 03 were insensitive. Temperature decrease caused a delay in the phenological development of all the cultivars. Photoperiod and temperature variations influenced all the agronomic characters of the forage cultivars; in the case of dual purpose and cutting and grazing sorghum cultivars, this was attributed to temperature variations. October through December sowings were considered favorable environments for the variables green matter and dry matter, because of the higher yield obtained in relation to the overall mean, as well as January sowing for crude protein. The cultivars BR 506 and AG 2002 had a higher green matter yield, behavior predictability and adaptation to favorable and unfavorable environments. For dry matter, AG 2002 and AG 2501C presented a higher behavior predictability and adaptation to unfavorable environments, with BR 506 and AG 2002 being the most adapted to favorable environments. For crude protein, AG 2501C and Massa 03 presented a higher yield, behavior predictability and adaptation to unfavorable environments, with AG 2501C being the most adapted to favorable environments.

## INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo é uma das culturas de maior importância mundial na produção de grãos, sendo considerada também componente essencial nos sistemas de cultivo de agricultura de subsistência e na dieta de milhões de pessoas nos trópicos áridos e semi-áridos.

Além da utilização na alimentação humana, o sorgo é considerado ótima alternativa para o uso na alimentação animal na forma de grãos, forragem verde ou de silagem. Entre os cultivares, destacam-se os graníferos, forrageiros e sacarinos, observando-se variações nos rendimentos e no comportamento dos mesmos, quando semeados em diferentes épocas do ano.

Dentre os fatores de maior sucesso no cultivo desta gramínea, destaca-se a utilização de cultivares bem adaptados e produtivos. Atualmente, o mercado de sementes de sorgo forrageiro tem se especializado, havendo cultivares apropriados para a produção de silagem, pastejo direto, corte verde e produção de grãos ou silagem (sorgos de duplo propósito). O rendimento forrageiro e o valor nutritivo são características que devem ser levadas em consideração na escolha dos cultivares de sorgo a serem utilizados, pois tais características são altamente influenciadas pelas condições ambientais da região de cultivo.

A utilização do sorgo para atender a exigente demanda da pecuária leiteira, ao aumento do número de confinamentos de gado no Brasil e à suplementação na época seca do ano, fez com que as instituições de

pesquisas desenvolvessem novos cultivares que apresentassem melhor qualidade de forragem. Os sorgos graníferos e forrageiros, juntamente com os de duplo propósito e os de corte e pastejo, possuem amplo potencial para a utilização na safrinha (semeadura nos meses de janeiro a março, logo após a colheita da cultura de verão), devido às suas características de rusticidade e a excelente performance em semeaduras de fim de verão. Acredita-se que a ampla variação observada no rendimento dos cultivares comercializados, principalmente no período de safrinha, seja atribuída não só ao seu potencial de produção, mas também as respostas às condições climáticas.

Os cultivares forrageiros, atualmente disponíveis no mercado, são altamente influenciados pelo período de cultivo. Semeaduras efetuadas fora do período recomendado proporcionam redução do rendimento aos agricultores, os quais, devido aos fatores climáticos ou pela limitação de maquinários, podem não semear a gramínea no período ideal. O cultivo de sorgos sensíveis ao fotoperíodo, quando realizado no final do período de verão, traduz-se em baixo rendimento de forragem e capacidade de rebrota das plantas. Uma das alternativas para solucionar este problema seria a utilização de cultivares insensíveis ao fotoperíodo.

A performance do sorgo é avaliada pela expressão do potencial de cada cultivar face às condições ambientais, sendo influenciada pela fertilidade, umidade do solo, temperatura e radiação solar. Os dois primeiros fatores podem ser manipulados pelo homem, através da correção da acidez e da adubação do solo e pelas técnicas de irrigação atualmente conhecidas. Os demais fatores são dependentes do local de cultivo, sendo influenciados pela latitude, altitude e época do ano. Ressalta-se ainda que, nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de água, associada à ocorrência de baixas temperaturas e, ou, fotoperíodos indutivos à diferenciação floral são considerados fatores limitantes ao desenvolvimento do sorgo durante o período de outono e inverno.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivos avaliar a influência do fotoperíodo e da temperatura no desenvolvimento fenológico, na adaptabilidade e estabilidade do rendimento de forragem e nas características agronômicas de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano.

## **CAPÍTULO I**

### **AVALIAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO- FOTOPERIÓDICAS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O sorgo vem sendo cada vez mais utilizado para a formulação de rações balanceadas de monogástricos e ruminantes. A importância desta cultura aumenta principalmente quando ocorre escassez na produção de milho, havendo a elevação dos preços deste cereal e afetando, desta forma, os custos de produção.

A estacionalidade da produção de forragens, especialmente do sorgo, é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade dos rebanhos e das plantas forrageiras. Nas regiões tropicais, o calendário agrícola é dividido em período de chuva e de seca. O comprimento do dia (fotoperíodo) é maior durante o primeiro período, exceto em latitudes equatoriais, que permanece, aproximadamente, constante durante todo o ano. Quando cultivares de sorgo, adaptados a dias curtos e oriundos de regiões equatoriais e tropicais, são introduzidos em regiões de dias longos, verifica-se

o atraso no florescimento pela ausência de fotoperíodos indutivos. Em contrapartida, cultivares sensíveis ao fotoperíodo atingem a fase de florescimento mais precocemente durante o período da seca. Neste período, o comprimento dos dias é menor, e conseqüentemente verifica-se redução na estatura das plantas de sorgo.

Desta forma, a variação no desenvolvimento fenológico dos cultivares de sorgo, em várias latitudes ou em diferentes épocas do ano, pode ser atribuída aos efeitos do fotoperíodo no desenvolvimento das plantas. A sensibilidade a este fator pode ser útil quando se deseja que as fases de floração e de maturação ocorram em períodos específicos do ano. Por outro lado, a insensibilidade é necessária quando se deseja semear determinados cultivares em épocas distintas do ano, a fim de serem colhidos em períodos previamente determinados. Estes aspectos, inerentes à cultura, são de extrema importância nas tomadas de decisões de plantio em regiões que apresentam riscos de cultivo, como a presença de pronunciado período seco em determinado local ou quando o período de cultivo é curto, devido às limitações climáticas.

Baseando nos processos fisiológicos que ocorrem ao longo do ciclo da cultura do sorgo, é possível avaliar os estádios de desenvolvimento dos cultivares, caracterizados por alterações morfológicas nas plantas. As diferentes regiões de cultivo, os anos agrícolas e as datas de semeaduras determinam a duração das fases fenológicas. Neste sentido, um importante aspecto da adaptação dos cultivares de sorgo é a maneira pela qual o desenvolvimento reprodutivo é influenciado pelos fatores ambientais. Neste contexto, o fotoperíodo e a temperatura influenciam o desenvolvimento das plantas, proporcionando diferenças fenotípicas entre os cultivares.

Portanto, o objetivo deste trabalho é o de avaliar a influência dos fatores climáticos no florescimento de cultivares de sorgo forrageiro e verificar os possíveis efeitos da interação do fotoperíodo e da temperatura no estágio reprodutivo da cultura.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Efeito do fotoperíodo**

Quando o agricultor decide cultivar determinado tipo de sorgo forrageiro para a alimentação animal, ele busca um cultivar que se desenvolve rapidamente, produz boa quantidade de biomassa e forragem de alta qualidade, previne a erosão do solo pela alta produção de folhas e de palhada, seja capaz de competir com plantas daninhas e apresente resistência a doenças e pragas.

Para que o sorgo apresente todas estas vantagens, é necessário que a cultura tenha condições para um desenvolvimento satisfatório. Neste sentido, o comprimento do dia, ou fotoperíodo, é considerado como um dos principais fatores ambientais que influencia o desenvolvimento reprodutivo das plantas, possibilitando-as a ajustarem o período de florescimento e permitindo o cultivo em ambientes que diferem de seu local de origem. Sendo assim, a sensibilidade fotoperiódica do sorgo varia com o genótipo, sendo considerado determinante na adaptação dos cultivares.

A importância da indução floral no desenvolvimento das plantas está no fato de haver a transformação dos meristemas vegetativos em reprodutivos (primórdio floral), determinando a altura final (número de nós) das plantas e conseqüentemente, o rendimento da cultura (RODRIGUES et al., 2001). Isto

torna-se importante principalmente quando se trata de cultivares de sorgo forrageiros.

A época de florescimento do sorgo, oriundos de diferentes latitudes, ocorre antes do final do período chuvoso (CRAUFURD e QI, 2001), sendo que cada cultivar é adaptado a uma estreita faixa de latitude. Assim, a adaptação dos cultivares, em determinadas localidades, requer o uso de genótipos sensíveis ao fotoperíodo, assegurando que a fase de florescimento ocorra na mesma época em diferentes datas de semeaduras.

Em algumas culturas, pode-se dizer que uma das principais causas para os baixos rendimentos, verificados em espécies vegetais que apresentam respostas ao fotoperíodo, é atribuído ao florescimento precoce sob condições de dias curtos. Para a cultura da soja, a obtenção de cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo e à temperatura, além de possibilitar a ampliação do período de semeadura, permite o cultivo numa faixa mais ampla de latitude e a viabilização do cultivo irrigado, durante o outono-inverno, em regiões isentas de geadas (LIMA et al., 2000). Neste sentido, torna-se importante que os agricultores selecionem cultivares de soja de ciclo adequado para datas de semeadura e locais específicos de cultivo. KANTOLIC e SLAFER (2001) destacam que, quando a soja é submetida a fotoperíodos longos, verifica-se o atraso na iniciação floral das plantas.

Em função de sua adaptação geográfica, os cultivares de sorgo respondem diferentemente ao fotoperíodo e à temperatura (GRENIER et al., 2001), sendo que as características morfológicas, como dias para o florescimento e a altura de plantas, são afetadas pelo fotoperíodo. No milho, semelhantemente, a duração da fase da semeadura à diferenciação floral e o número total de folhas aumentam em resposta ao incremento do fotoperíodo durante a fase de sensibilidade a este fator (BIRCH et al., 1998 e TOLLENAAR, 1999).

No sorgo, a fase vegetativa é composta por um período pré-indutivo ou juvenil e um período indutivo à diferenciação floral (CRAUFURD e QI, 2001). No primeiro, as plantas são incapazes de perceber o estímulo ao fotoperíodo, sendo afetadas apenas pelo efeito da temperatura. A partir daí, em função dos cultivares, a planta adquire a capacidade de percepção dos estímulos que induzem as transformações dos meristemas vegetativos em reprodutivos (fase

indutiva). Esta fase é afetada pelo fotoperíodo e pela temperatura. No entanto, ELLIS et al. (1997) observaram, em cultivares sensíveis ao fotoperíodo, que a fase indutiva não foi afetada pela temperatura.

A fase de sensibilidade ao fotoperíodo está relacionada com o fotoperíodo crítico das culturas. CRAUFURD e QI (2001) destacam que o fotoperíodo crítico em plantas de dias curtos é aquele no qual os dias longos retardam o florescimento. Estes autores, em trabalhos de modelagem, verificaram que o valor crítico para o sorgo é de 12,9 h/dia. Quando o fotoperíodo médio foi menor ou igual a 13,0 h/dia, a diferenciação floral ocorreu no final da fase de juvenilidade. No entanto, quando o fotoperíodo foi maior que este valor, a duração da fase indutiva foi aumentada, sendo que os cultivares necessitaram de maior número de graus-dias para atingirem a fase de diferenciação floral. Isto evidencia que o efeito de fotoperíodos maiores do que o crítico para o sorgo é o aumento dos graus-dias para as plantas atingirem a fase de diferenciação floral.

Na cultura do arroz, YIN e KROPFF (1998) destacam a sensibilidade das plantas ao fotoperíodo antes da diferenciação floral, sendo que fotoperíodos curtos antecipam a fase de florescimento e fotoperíodos longos, atrasam. Foi verificado também que a sensibilidade continua alguns dias após a diferenciação floral. Observando o efeito do fotoperíodo no desenvolvimento do sorgo, CADDEL e WEIBEL (1971) observaram que condições de fotoperíodos de 10 horas possibilitaram ambiente satisfatório para a indução da diferenciação floral dos cultivares.

A transição da fase de juvenilidade para a maturidade é obtida quando a planta tem alcançado uma certa idade ou tamanho para florescer. O desenvolvimento e a finalização precoces da fase vegetativa, normalmente, induz a menor altura de plantas. Sob condições de dias curtos, para prevenir o florescimento precoce do sorgo, seria necessária a utilização de cultivares que apresentassem período de juvenilidade longo (ALAGARSWAMY et al., 1998). Considerando que este período é insensível ao fotoperíodo, tais cultivares poderiam florescer mais tardiamente nessas condições. LIMA et al. (2000) destacam que cultivares de soja com período juvenil longo, sob condições de dias curtos, são usados em menores latitudes, onde o fotoperíodo é inadequado para o desenvolvimento normal de cultivares de período juvenil

curto. Entretanto este fato não apresenta importância para os cultivares que apresentam estabilidade de rendimento em diferentes períodos de semeadura nos locais com latitudes maiores que 30°.

Destacando a importância do fotoperíodo e da produção do sorgo, BELLO (1997) encontrou correlação negativa entre o fotoperíodo e o rendimento de matéria seca, demonstrando que plantas requerem fotoperíodos curtos para o desenvolvimento e obtenção de rendimentos satisfatórios. Por outro lado, correlações positivas entre o rendimento de grãos e forragem e os dias para o florescimento foram encontradas por REDDY et al. (1996).

Sob condições indutivas, as plantas necessitam de determinados números de ciclos indutivos para que ocorra a diferenciação do meristema apical. Neste sentido, avaliando a performance de cultivares de sorgo, KARANDE et al. (1996) observaram que, sob fotoperíodos de 16 horas, os cultivares necessitaram, em média, de 15,4 ciclos e sob fotoperíodos de 10 horas, 8,8 ciclos. Segundo ALAGARWAMY et al. (1998) se as plantas forem submetidas a fotoperíodos não indutivos imediatamente após a indução floral, o primórdio reprodutivo pode ser revertido ao estado vegetativo, produzindo estruturas foliares ao invés da panícula.

## **2.2. Efeito da temperatura**

A temperatura é considerada como um fator crucial no crescimento e desenvolvimento das plantas. Geralmente, seu efeito no desenvolvimento das culturas é influenciado pela ação nas atividades enzimáticas. A conformação das enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetal, é um fator essencial nas reações bioquímicas e esta conformação é dependente da temperatura. BONHOMME (2000) destaca que em temperaturas muito baixas, as proteínas enzimáticas não são flexíveis o bastante, não estando aptas a proporcionarem mudanças conformacionais adequadas para que as reações enzimáticas se realizem. Por outro lado, em temperaturas elevadas, a enzima coagula e a nova estrutura obtida não é capaz de catalisar a reação.

Neste contexto, a curva do efeito da temperatura apresenta dois segmentos (BONHOMME, 2000). No primeiro segmento, a ativação térmica das moléculas aumenta a eficiência das reações enzimáticas e no segundo, há a diminuição das reações, onde altas temperaturas inativam, progressivamente, determinadas enzimas. Entre estes dois segmentos, a curva atinge um pico que corresponde à temperatura ótima. Por isto que se preconiza que as culturas apresentam temperaturas mínima, máxima e ótima para o desenvolvimento. Temperaturas mínima e máxima são aquelas abaixo e acima da qual a planta não desenvolve, respectivamente, e a temperatura ótima é aquela na qual o desenvolvimento procede mais rapidamente (BIRCH et al., 1998; BONHOMME, 2000 e TAN et al., 2000).

A maneira mais adequada para determinar as etapas de desenvolvimento de uma cultura leva em consideração as exigências térmicas, designadas como graus-dias. Segundo GADIOLI et al. (2000), estima-se a soma das unidades diárias de calor de cada cultura, pela diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal, exigidas pelas plantas para atingir determinado estágio fenológico. Sendo assim, o conhecimento das exigências térmicas do sorgo é importante para a previsão da duração do ciclo da cultura em diferentes ambientes de cultivo, como destacado por MOKASHI et al. (1996). Isto assume importância prática quando associados à fenologia dos cultivares, utilizando-os no planejamento para a definição de épocas de semeaduras, uso de insumos e períodos de colheitas de grãos ou de forragem.

As variações ocorridas nas condições climáticas, em diferentes períodos de cultivo, afetam o desenvolvimento dos cultivares de sorgo (MARTIN e VANDERLIP, 1997). Resultados obtidos por CADDEL e WEIBEL (1971) e PEACOCK e HEINRICH (1984) demonstram que os efeitos da temperatura na iniciação da panícula são complexos, afetando as repostas ao fotoperíodo e o desenvolvimento das plantas.

Segundo CRAUFURD e QI (2001) independente do fotoperíodo, a temperatura determina a duração dos subperíodos da diferenciação floral à floração e desta à maturidade. Neste sentido, observa-se a relação inversa entre a temperatura média e a duração dessas fases. Seleção de cultivares menos sensíveis a altas temperaturas, na fase de iniciação da panícula à antese, poderia resultar em grande estabilidade de produção de grãos.

PEACOCK e HEINRICH (1984) enfatizam que temperaturas sub ou supra-ótimas afetam a germinação das sementes, a diferenciação floral, o desenvolvimento e o enchimento de grãos. Estas temperaturas também influenciam o rendimento final do sorgo pela redução do número de grãos por panícula. Segundo PAUL (1990) temperaturas elevadas no período entre a diferenciação floral e à floração podem causar o aborto das flores e dos embriões. Por outro lado, temperaturas baixas, associadas a intensidade e a duração deste estresse, proporcionam esterilidade dos grãos de pólen, influenciando também o desenvolvimento da panícula.

ELLIS et al. (1997) verificaram, na fase de diferenciação floral, que temperaturas de 34°C foram consideradas supra-ótimas e a temperatura ótima para este estágio foi de 27°C. Este mesmo valor foi constatado por CRAUFURD et al. (1998) na fase de sensibilidade ao fotoperíodo, verificando também que temperaturas acima de 27°C atrasaram a diferenciação floral em todos cultivares de sorgo. FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) observaram que a duração do ciclo e o rendimento de matéria seca do sorgo diminuíram com o atraso na data de semeadura. Isto foi atribuído à diminuição do número de dias até à antese, devido à elevação da temperatura.

Devido a sua origem tropical, o sorgo é uma das culturas mais sensíveis a baixas temperaturas. Segundo PAUL (1990), temperaturas abaixo de 10°C causam redução da área foliar, perfilhamento, altura de plantas, acumulação de matéria seca e atraso na época de floração. Na fase de germinação das sementes de sorgo, ANDA e PINTER (1994) observaram que temperaturas iniciais de 16°C conduziram a mais rápida emergência das plântulas do que a 10°C, proporcionando melhor estabelecimento da cultura. Estes autores destacam também que temperaturas abaixo de 10°C poderiam causar estresse por frio nas sementes, influenciando negativamente a formação da área foliar e provocando a redução do rendimento final de matéria seca.

### 2.3. Interação fotoperíodo e temperatura

O fotoperíodo e a temperatura são os fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento da maioria das culturas. Em condições de campo, estes fatores variam contínua e simultaneamente, afetando os caracteres morfológicos das plantas, como o número de primórdios foliares e a taxa de emergência foliar, que determinam o período de florescimento.

Para espécies tropicais e subtropicais, temperaturas mais elevadas associadas a fotoperíodos curtos, aceleraram as fases de florescimento e de maturação (KEATINGE et al., 1998). Em espécies temperadas, a antecipação destas fases ocorre em temperaturas mais elevadas associadas a fotoperíodos maiores. Em cultivares de sorgo, o período de diferenciação floral é dependente da temperatura e do fotoperíodo (HAMMER et al., 1989 e ELLIS et al., 1997), enquanto que a fase de enchimento de grãos é dependente da temperatura (HAMMER et al., 1989).

ELLIS et al. (1997) verificaram a ausência de sincronia entre o fotoperíodo e a temperatura em cultivares de sorgo. Quando a temperatura elevou após o início do período luminoso e reduziu após seu término, houve a antecipação da diferenciação floral, assemelhando ao que ocorre em condições naturais. O efeito da assincronia em cultivares de sorgo sensíveis ao fotoperíodo foi verificado também por MORGAN et al. (1987). Estes trabalhos sugerem que, como o fotoperíodo, a temperatura poderá atuar como um sinal na diferenciação floral em plantas de sorgo, podendo existir dois ciclos rítmicos no controle desta fase.

Avaliando a performance do sorgo sacarino Brandes em oito épocas de semeadura, a cada 20 dias, com início em primeiro de outubro, MACHADO et al. (1987) verificaram que as fases de emborrachamento, emergência da panícula e florescimento foram antecipadas com o atraso da semeadura. A antecipação do desenvolvimento das plantas foi atribuída ao efeito de fotoperíodos indutivos e a temperaturas mais elevadas nas semeaduras mais tardias. ALLEN e MUSICK (1993) verificaram que o atraso da época de semeadura diminuiu o ciclo das plantas de sorgo. Para a cultura não ser submetida a condições de estresses abióticos, estes autores observaram que,

em sementeiras tardias, o maior rendimento foi obtido com o cultivar de menor ciclo e em cultivos antecipados, com o de maior ciclo.

SIÉ et al. (1998a) enfatizam que o efeito do fotoperíodo, no desenvolvimento das plantas de arroz, pode ser expresso pela modificação do período térmico requerido para atingir determinado estágio fenológico. Deste modo abrange-se o conceito de período térmico para período foto-térmico. Os efeitos destes fatores climáticos nas fases de desenvolvimento do trigo foram observados por GÓMEZ-MACPHERSON e RICHARDS (1997), verificando que o requerimento térmico, para as subfases de desenvolvimento, foi maior em sementeiras antecipadas, sendo o fotoperíodo maior nestas fases.

A interação dos fatores climáticos com os cultivares influencia o número final de folhas de plantas de milho durante o período de sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura (TOLLENAAR, 1999). Segundo SIÉ et al. (1998b), a duração do ciclo do arroz é determinada por duas fases. Na fase inicial, caracterizada pelo crescimento vegetativo, temperaturas baixas da água de cultivo atrasam a germinação e o aparecimento das primeiras folhas. Na fase de diferenciação floral, o desenvolvimento das plantas é dependente do fotoperíodo e da temperatura da água.

Vários trabalhos tem sido relatados a respeito da interação do fotoperíodo e da temperatura com as culturas. A duração da fase de pré-florescimento apresentou interação com os fatores climáticos para o trigo e canola (*Brassica campestris*) (MIRALLES et al., 2001). BRINK et al. (2000) verificaram que o aumento da temperatura diminuiu o fotoperíodo crítico para o florescimento e enchimento de vagens de cultivares de *Vigna subterrânea*, devido ao aumento da atividade de genes fotoperiódicos nessas condições. Por outro lado, RODRIGUES et al. (2001) verificaram aumento do fotoperíodo crítico com o aumento da temperatura em cultivares de soja. Estes autores destacam os efeitos inibitórios de fotoperíodos longos e baixas temperaturas na taxa de desenvolvimento das plantas de determinado cultivar entre a emergência e o florescimento.

YAN e WALLACE (1996) afirmam que existe uma temperatura mínima abaixo da qual a atividade dos genes fotoperiódicos não se expressa. Quando a temperatura é alta o bastante para permitir esta atividade, há sempre um

efeito da interação entre o fotoperíodo, a temperatura e o genótipo para induzir o florescimento.

Sendo assim, pode-se constatar que um grande número de informações tem sido obtido em relação ao rendimento dos cultivares de sorgo e na determinação de datas ótimas para o cultivo a partir de ensaios de competição de cultivares. No entanto, menos atenção tem sido dada para avaliar os efeitos das épocas de semeadura sobre os estádios de desenvolvimento dos diferentes cultivares de sorgo atualmente comercializados. O desenvolvimento de cultivares menos sensíveis à variação do fotoperíodo e da temperatura poderiam permitir ao agricultor aumento do período de semeadura da cultura e o cultivo desses materiais em maior faixa de latitude.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do experimento

O ensaio foi instalado no município de Coimbra (MG), situado a 20°51' de latitude Sul e 42°46' de longitude W.Gr., localizado a 720 metros de altitude, no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o ano agrícola 1999/2000. Os valores médios, por decêndio, do fotoperíodo, da temperatura média e da precipitação no período em que o ensaio foi conduzido, encontram-se na Figura 1. Os valores de temperatura, precipitação e radiação solar foram obtidos a partir de uma estação climatológica instalada no Campo Experimental. Os fotoperíodos diários foram calculados com base na latitude e nos dias do ano, segundo metodologia proposta por OMETTO (1981).

Os resultados das análises químicas do solo onde foram instalados os ensaios, com os respectivos níveis dos elementos (alto (A), médio (M) e baixo (B)), segundo TOMÉ JÚNIOR (1997), são: pH: 4,70 (A); Al: 0,40 (B); H + Al: 5,07; Ca: 1,35 (B) e Mg: 0,38 (B), expressos em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , exceto para pH; Na: 6,0; K: 68,0 (M) e P: 16,82 (A), expressos em  $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ ; Soma de Bases: 1,93; CTC efetiva: 2,32 e CTC Total: 7,00, expressas em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ; v: 27,6 e m: 17,0 (M), expressas em %.

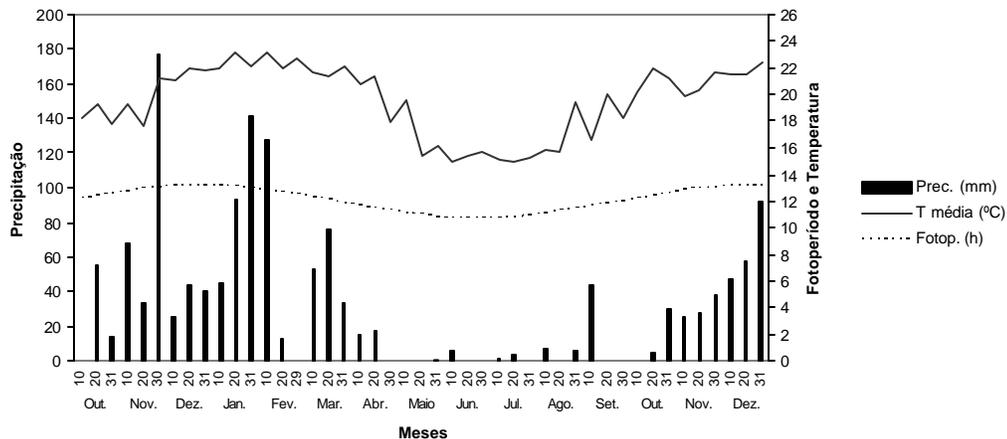


Figura 1 – Variação do fotoperíodo, da temperatura média do ar e da precipitação pluvial, por decêndio, de outubro de 1999 a dezembro de 2000, Coimbra (MG).

Os cultivares utilizados foram: sorgos forrageiros: AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 e BR 700; sorgos de duplo propósito: AG 2005E e Massa 03 e sorgos de corte e pastejo: AG 2501C e BRS 800. Um conjunto de oito ensaios foi utilizado, sendo iniciado na primeira quinzena dos meses de outubro a maio, a partir de outubro de 1999. Três datas de semeaduras foram realizadas antes do solstício de verão e deste modo as plântulas emergiram sob fotoperíodos crescentes. Porém, as demais datas de semeaduras foram feitas após este solstício, fazendo com que as plântulas emergissem em fotoperíodos decrescentes.

Foram adotados, em cada época de semeadura, o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas, espaçadas de 0,7 m entre si e com 5,0 m de comprimento. Considerou-se como área útil as duas fileiras centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto, 5,6 m<sup>2</sup>. O desbaste foi realizado aos 20 dias após a emergência das plântulas, deixando-se 11 plantas por metro linear para todos os cultivares (aproximadamente 157.143 plantas por hectare).

As adubações seguiram as recomendações feitas pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999). De acordo com a análise química do solo, foi necessária a aplicação de calcário. Assim, três meses antes de efetuar a primeira semeadura, aplicou-se em toda a área

experimental, o equivalente a 1,93 t/ha de calcário dolomítico, com PRNT de 76%. Na semeadura de cada ensaio, foi utilizado o equivalente a 500 kg/ha da formulação 04-14-08. Aos 30 e 45 dias após a emergência das plântulas, foi realizada a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

O corte das plantas, em todos os cultivares, foi realizado rente ao solo quando os grãos atingiram o estágio de grãos farináceos, pois representa a melhor época para efetuar o corte do sorgo para ensilagem (FARIA, 1986 e PUPO, 1995). Segundo estes autores, nesse estágio as plantas apresentam de 30 a 35% de matéria seca, teores considerados adequados quando o objetivo principal é a produção de silagem. As datas de semeadura, germinação e cortes das plantas, em todos os tratamentos, estão apresentadas na Tabela 1A. As parcelas foram mantidas livres de invasoras sendo realizadas, em média, duas capinas manuais com enxadas para cada época de semeadura. Foi realizada também a irrigação de todo o ensaio, quando necessário, para que os tratamentos não fossem afetados por déficits hídricos. Não foram observados problemas com pragas que pudessem comprometer a produção.

### **3.2. Características avaliadas**

Foram determinadas as seguintes características fenológicas, expressas em dias:

**a) Diferenciação Floral:** estágio de crescimento 1, caracterizado pela transformação do meristema vegetativo em reprodutivo após o aparecimento do primórdio da panícula no meristema apical, assemelhando a uma estrutura globular. Foram coletadas, em intervalos de dois dias, três plantas de cada parcela, fazendo a retirada das folhas para a observação da estrutura meristemática. Posteriormente, os explantes oriundos destas plantas, foram levados para o laboratório, examinando o meristema apical em microscópio. A data da diferenciação floral foi adotada quando duas ou três plantas apresentavam o primórdio da panícula.

- b) Florescimento:** período, a partir da emergência das plântulas, no qual 50% das plantas da área útil das parcelas haviam atingido a fase de florescimento, com a panícula emergida da bainha da folha bandeira. Esta fase é caracterizada pela metade da panícula apresentar flores abertas.
- c) Maturação:** período compreendido desde a emergência das plântulas até a fase de grãos farináceos, em 50% das plantas da área útil da parcela.
- d) Estádio de Crescimento 2:** período compreendido da fase de diferenciação floral à floração.
- e) Estádio de Crescimento 3:** período compreendido da fase de floração à maturação dos grãos (grãos farináceos).

### 3.3. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas para todas as características citadas anteriormente. Inicialmente, efetuou-se a análise de variância para cada época de semeadura. Posteriormente, realizou-se a análise conjunta dos experimentos, a fim de determinar o efeito de cada época de semeadura nas características avaliadas. Esta análise foi realizada quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual dos ensaios foi igual ou menor que sete, segundo GOMES (1990).

Para o agrupamento dos tratamentos, foi efetuado o teste de Scott-Knott. Este teste baseia-se no agrupamento das médias de tratamentos homogêneos, sem haver a sua sobreposição (GATES e BILBRO, 1978).

Quando se considerou o cultivo em diferentes épocas, o seguinte modelo estatístico foi adotado, onde todas as fontes de variação, exceto o erro, foram consideradas de efeito fixo:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + E_j + CE_{ij} + B/E_{kj} + e_{ijk},$$

sendo

$Y_{ijk}$ : valor observado para a variável aleatória em estudo referente ao i-ésimo cultivar, na j-ésima época e na k-ésima repetição;

$\mu$ : média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

$C_i$ : efeito do cultivar i no valor observado  $Y_{ijk}$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 10$ ;

$E_j$ : efeito da época de semeadura j no valor observado  $Y_{ijk}$ , sendo  $j = 1, 2, \dots, 8$ ;

$CE_{ij}$ : efeito da interação do i-ésimo nível do cultivar i com o j-ésimo nível da época j, no valor observado  $Y_{ijk}$ ;

$B/E_{kj}$ : efeito do k-ésimo bloco k dentro da j-ésima época j na observação  $Y_{ijk}$ , sendo  $k = 1, 2, 3$  e 4;

$e_{ijk}$ : erro experimental, associado à observação  $Y_{ijk}$ .

Para a análise individual dos ensaios, o modelo estatístico empregado foi:

$$Y_{ik} = \mu + C_i + B_k + e_{ik},$$

sendo

$Y_{ik}$ : valor observado para a variável aleatória em estudo referente ao cultivar i e à repetição k;

$\mu$ : média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

$C_i$ : efeito do cultivar i no valor observado  $Y_{ik}$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 10$ ;

$B_k$ : efeito do bloco k na observação  $Y_{ik}$ , sendo  $k = 1, 2, 3$  e 4;

$e_{ik}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ik}$ .

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resumos das análises de variância conjunta dos dados de diferenciação floral, floração, maturação e estádios de crescimento 2 e 3 encontram-se na Tabela 1. Os valores médios destas características estão apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. Apenas para a variável floração, a semeadura de abril apresentou quadrado médio residual discrepante dos demais (razão maior que sete entre o maior e o menor quadrado médio residual), sendo analisada isoladamente das demais épocas.

### **4.1. Sensibilidade termo-fotoperiódica**

Muitas informações têm sido relatadas na literatura sobre a determinação de épocas adequadas do cultivo de sorgo. Porém, menos atenção é dada para os efeitos das épocas de semeadura nos estádios de desenvolvimento dos cultivares.

Para melhor entendimento do desenvolvimento dos cultivares de sorgo forrageiro, torna-se essencial o conhecimento do momento em que as plantas passam da fase vegetativa para a reprodutiva. Após finalizar o estágio de juvenildade, inicia-se a fase indutiva ao florescimento (KARANDE et al., 1996; ALAGARSWAMY et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001). Nesta fase, sob

fotoperíodos indutivos, as plantas passam por mudanças fisiológicas no meristema apical. Assim, o final da fase vegetativa e o início da reprodutiva são caracterizadas pela iniciação do meristema floral. Os efeitos do fotoperíodo e da temperatura, nos cultivares de sorgo, podem ser constatados pela comparação dos valores da diferenciação floral entre as épocas de semeaduras (Tabela 2).

Quando se observa o desempenho dos cultivares nas oito épocas de semeaduras, verifica-se comportamento diferenciado dos materiais testados em função da resposta ao fotoperíodo e à temperatura. Da emergência das plântulas no mês de outubro até o solstício de verão, o fotoperíodo aumentou de 12,47 h/dia para 13,25 h/dia (Figura 1). A partir daí, houve diminuição gradativa, atingindo o valor de 10,90 h/dia na emergência da semeadura de maio, e o menor valor sendo registrado no solstício de inverno (10,73 h/dia). Portanto, na condução dos ensaios, houve diferença de 2 horas e 31 minutos no fotoperíodo entre as épocas de semeaduras, variação esta suficiente para constatar a sensibilidade dos cultivares de sorgo.

Na avaliação da diferenciação floral, pode-se observar o efeito ( $P \leq 0,01$ ) para as fontes de variação cultivar, ensaio e interação cultivar x ensaios, constatando também baixo coeficiente de variação (3,74%) (Tabela 1).

Em relação à semeadura de outubro, verificou-se a elevação da temperatura média (Figura 1) durante o desenvolvimento dos cultivares semeados em novembro. Quando se observam os grupos de médias da semeadura de novembro para cada cultivar, pode-se verificar que o aumento da temperatura nas fases de juvenildade e de sensibilidade fotoperiódica proporcionou menor número de dias para a diferenciação floral dos cultivares AG 2002, BR 506, BR 602, AG 2005E, Massa 03, AG 2501C e BRS 800 (Tabela 2). Os efeitos da elevação da temperatura no maior desenvolvimento das plantas de sorgo foram também constatados em outros trabalhos (CADDEL e WEIBEL, 1971; ELLIS et al., 1997; CRAUFURD et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001). Para o BR 601, não foi verificada diferença significativa entre as semeaduras de outubro a dezembro, visto que os valores obtidos pertenceram ao mesmo grupo de médias. Para o BR 501 e BR 700, verificou-se aumento do número de dias em novembro (Tabela 2).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância conjunta das características floração (FL), diferenciação floral (DF), maturação (MT), estágio de crescimento 2 (EC 2) e estágio de crescimento 3 (EC 3) obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Fontes de Variação	GL	Quad. Médio	GL	Quadrados Médios			
		FL		DF	MT	EC 2	EC 3
<b>Blocos/ Ensaio</b>	21	10,35	24	4,39	1,43	9,74	15,68
<b>Cultivares</b>	9	1.501,43**	9	2.382,04**	3.913,81**	75,11	247,56*
<b>Ensaio</b>	6	17.871,99**	7	8.143,17**	26.790,79**	3.836,78**	2.470,01**
<b>Cult.xEns.</b>	54	109,37**	63	357,08**	191,80**	77,91**	105,98**
<b>Resíduo</b>	189	3,35	216	1,77	1,32	4,65	5,72
<b>C.V. (%)</b>		2,27		3,74	0,98	4,51	6,97

\*\* Significativo a 1%; \* Significativo a 5% pelo teste F.

Na data da diferenciação floral do BR 700 (17/11), semeado em outubro, o fotoperíodo era de 12,98 horas (Figura 1), estando próximo ao valor crítico (12,90 horas, segundo CRAUFURD e QI, 2001). Provavelmente, a fase de sensibilidade fotoperiódica deste cultivar, que foi o mais precoce na semeadura de outubro, estava sob condições indutivas ao florescimento, o que não ocorreu em novembro, devido ao aumento do fotoperíodo. Para o BR 501, o atraso da diferenciação floral foi atribuído, provavelmente, ao seu maior fotoperíodo crítico, proporcionando maior número de dias para atingir essa fase. Este fato comprova a sensibilidade ao fotoperíodo do BR 501 e do BR 700.

Nas semeaduras de novembro e de dezembro, os cultivares desenvolveram em condições de fotoperíodos não indutivos (maior que 12,90 horas) (Figura 1). Estes fotoperíodos proporcionaram o aumento do número de dias para atingir a fase de diferenciação floral dos cultivares AG 2002 e BR 602, sendo o mesmo verificado para o AG 2005E e AG 2501C semeados em dezembro (Tabela 2), cujos valores pertenceram a grupos de médias distintos. Os resultados obtidos com os cultivares de sorgo BR 601, BR 700 e Massa 03 pertenceram ao mesmo grupo de médias nas semeaduras de novembro e de dezembro, não sendo constatadas, portanto, diferenças significativas.

Tabela 2 – Valores médios do número de dias do estádio de crescimento 1 (EC 1 ou diferenciação floral) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	37,75 B b	33,50 C c	36,25 B b	31,25 D b	24,50 F b	23,25 F c	27,00 E d	71,50 A d		
<b>BR 501</b>	37,50 D b	43,25 B a	39,50 C a	35,00 E a	26,25 G b	24,50 G c	33,00 F c	75,50 A b		
<b>BR 506</b>	56,00 C a	41,00 D b	38,00 E a	35,00 F a	32,25 G a	34,50 F a	107,00 B a	119,25 A a		
<b>BR 601</b>	34,50 B c	34,25 B c	35,00 B b	30,00 C b	24,25 E b	23,25 E c	27,50 D d	73,00 A c		
<b>BR 602</b>	34,50 B c	31,75 C c	34,00 B b	27,25 D c	24,25 E b	23,00 E c	33,00 C c	69,25 A e		
<b>BR 700</b>	30,00 C d	33,25 B c	34,00 B b	29,75 C b	20,50 E d	19,25 E e	26,50 D d	64,00 A f		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	33,50 B c	25,25 D e	26,75 C d	20,50 E d	24,25 D b	21,25 E d	27,50 C d	53,75 A h		
<b>Massa 03</b>	33,00 C c	28,50 D d	29,50 D c	31,00 D b	30,50 D a	30,25 D b	36,00 B b	55,75 A g		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	34,50 B c	23,25 E f	25,75 D d	21,00 F d	23,00 E c	25,00 D c	27,75 C d	48,75 A i		
<b>BRS 800</b>	37,50 B b	23,50 D f	17,50 F e	19,50 E d	22,50 D c	21,50 D d	26,25 C d	57,50 A g		

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

Por outro lado, devido ao maior fotoperíodo crítico do BR 501, a data de diferenciação floral na semeadura de dezembro (39,50 dias) e, provavelmente, o período de sensibilidade fotoperiódica do cultivar em questão, coincidiram com a ocorrência de fotoperíodos indutivos. Isto proporcionou a indução da diferenciação floral das plantas, fazendo com que o valor observado na semeadura de dezembro fosse de um grupo de médias inferior ao de novembro (43,25 dias). Resultados semelhantes foram obtidos com o BR 506 e BRS 800, devido aos maiores valores de temperatura registrados a partir de dezembro. Aliado a isto, o menor período de juvenilidade do BRS 800, pertencendo aos grupos de menores valores de diferenciação floral nas semeaduras de novembro, dezembro, janeiro e abril, fez com que o cultivar apresentasse o menor valor da fase vegetativa (17,50 dias) na semeadura de dezembro.

Quando semeados em janeiro, os cultivares de sorgo estavam sob condições de fotoperíodos indutivos a partir de primeiro de fevereiro, além da constatação de temperaturas mais elevadas (Figura 1). Nesta ocasião, verificou-se, em relação ao grupo de médias da semeadura de dezembro, diminuição do número de dias da diferenciação floral na maioria dos cultivares (AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602, BR 700, AG 2005E e AG 2501C) (Tabela 2). Os valores obtidos com o AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700, acrescidos aos do BR 501 semeado em outubro e dezembro, comprovam a sensibilidade fotoperiódica do sorgo, como destacado por outros autores (PAULI et al., 1964; CADDEL e WEIBEL, 1971; KARANDE et al., 1996; ELLIS et al., 1997; ALAGARSWAMY et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001). Para os cultivares AG 2005E, AG 2501C e BR 506, a antecipação da diferenciação floral foi atribuída à elevação da temperatura. O ligeiro abaixamento da temperatura, entre os dias 27 e 29 de janeiro, fez com que o cultivar BRS 800 apresentasse maior valor de diferenciação floral na semeadura deste mês (19,50 dias) em relação à de dezembro (17,50 dias) (grupos de média distintos) (Tabela 2). Este fato demonstra a maior sensibilidade à temperatura do cultivar em questão. Vários autores (PEACOCK e HEINRICH, 1984; BIRCH et al., 1998; BONHOMME, 2000 e TAN et al., 2000) destacam que, quando há a redução da temperatura média do ar, espera-se uma diminuição no desenvolvimento das plantas.

A presença de fotoperíodos indutivos, durante todo o desenvolvimento dos cultivares na semeadura de fevereiro e março, proporcionaram diminuição do número de dias da diferenciação floral do AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 em comparação ao grupo de médias de janeiro (Tabela 2). Nesta situação, os resultados obtidos comprovam o maior efeito de fotoperíodos indutivos na antecipação da diferenciação floral. O menor valor observado com o BR 506 em fevereiro, em relação ao grupo de médias de janeiro e março, foi atribuído ao efeito de temperaturas ótimas para o desenvolvimento das plantas. A ligeira redução da temperatura média, registrada entre 08 e 14 de março, ocasionou o atraso no desenvolvimento das plantas dos cultivares AG 2005E e AG 2501C semeados em fevereiro. Conseqüentemente, o valor das médias de diferenciação floral nesta época foi semelhante ao de novembro, sendo também superiores aos de janeiro, comprovando a insensibilidade ao fotoperíodo destes cultivares. Essa redução da temperatura provocou também o atraso da diferenciação floral do cultivar BRS 800 nas semeaduras de fevereiro e março, comparado com o valor obtido em janeiro.

A insensibilidade ao fotoperíodo pode ser comprovada com a performance do cultivar Massa 03, cujos valores de diferenciação floral das semeaduras de novembro a março pertenceram ao mesmo grupo de médias (28,50 a 30,25 dias), sendo mais precoce nesta época. Quando se comparam os resultados obtidos na semeadura de março com os de janeiro para o AG 2005E e BR 506, dezembro para o AG 2501C, e novembro e fevereiro para o BRS 800, constatam-se valores de diferenciação floral pertencentes ao mesmo grupo de médias. Isto comprova a insensibilidade ao fotoperíodo destes cultivares. Valores de médias superiores na semeadura de março, em relação às de fevereiro, foram obtidas com os cultivares AG 2501C e BR 506. Isto foi atribuído à diminuição no desenvolvimento das plantas devido ao ligeiro abaixamento da temperatura média de 03 a 06 de abril, durante a fase vegetativa de ambos os cultivares, e a partir de 21 deste mês para o BR 506. Os menores valores da diferenciação floral do cultivar AG 2005E no grupo de médias das semeaduras de janeiro e março, quando comparadas aos de fevereiro e novembro, se devem, provavelmente, ao efeito de temperaturas adequadas para o desenvolvimento das plantas.

A redução da temperatura a partir de abril (Figura 1) provocou a diminuição do desenvolvimento das plantas. Conseqüentemente, houve aumento do número de dias para atingir a fase de diferenciação floral de todos os cultivares, quando comparado com o grupo de médias da semeadura de março (Tabela 2). Fato semelhante foi observado na semeadura de maio, sendo que o abaixamento da temperatura reduziu ainda mais o desenvolvimento das plantas, proporcionando maiores valores para a diferenciação floral. Para o BR 506, o alto valor observado em maio (119,25 dias), que difere do obtido em abril, é justificado pelas baixas temperaturas registradas durante todo o estágio vegetativo. O menor desenvolvimento das plantas com a diminuição da temperatura, abaixo do nível ótimo, é destacado por vários autores (PEACOCK e HEINRICH, 1984; BIRCH et al., 1998; BONHOMME, 2000 e TAN et al., 2000).

Neste estudo, constatou-se também que os cultivares, de mesma aptidão agrônômica, apresentaram comportamentos semelhantes. Os sorgos utilizados para corte e pastejo (AG 2501C e BRS 800) foram mais tardios na semeadura de maio, seguidos dos meses de outubro e abril (Tabela 2), cujos valores pertenceram a grupos de médias distintos. A maior precocidade foi constatada nas semeaduras de dezembro, para o BRS 800 (17,50 dias), e de janeiro para o AG 2501C (21,00 dias). Semelhantemente aos resultados obtidos, a diminuição do número de dias para a diferenciação floral, com o atraso na data de semeadura, foi constatada por FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) e CRAUFURD e QI (2001). BIRCH et al. (1998) observaram que o aumento do fotoperíodo retardou a diferenciação floral de cultivares de milho, sendo observadas variações no período de sensibilidade e no requerimento térmico para o final do estágio de juvenilidade.

O AG 2005E apresentou também menor número de dias nos cultivos de janeiro e março (20,50 e 21,25 dias, respectivamente), seguidos pelos meses de fevereiro e novembro (24,25 e 25,25 dias, respectivamente). Esses valores reforçam a idéia de que o AG 2005E é pouco sensível ao fotoperíodo. Os valores obtidos com os cultivares de duplo propósito, acrescidos do AG 2501C, assemelham-se aos de vários trabalhos com sorgo (PAULI et al., 1964; CADDEL e WEIBEL, 1971; HUDA, 1988; ALAGARSWAMY et al., 1998 e CRAUFURD et al., 1998).

Os cultivares AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700, de aptidão forrageira, apresentaram comportamentos semelhantes. Em geral, estes cultivares foram mais precoces nas sementeiras de fevereiro e março (Tabela 2), devido ao efeito de fotoperíodos indutivos, e tardios nos cultivos de maio, outubro, novembro e dezembro. O BR 506 foi o que apresentou o maior número de dias para atingir a diferenciação floral nas sementeiras de maio e abril (119,25 e 107,00 dias, respectivamente). Resultados semelhantes foram obtidos por CRAUFURD e QI (2001), constatando 98 dias para a diferenciação floral, sob fotoperíodo médio de 13h e 27 min a 25,5°C e de 57 dias sob fotoperíodo de 13 h e 11 min a 24,8°C, destacando a alta sensibilidade do cultivar avaliado.

Quando se compara o efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de sementeira, verifica-se um comportamento semelhante do BR 506, sendo o mais tardio, exceto na sementeira de novembro (Tabela 2). Em dezembro e janeiro, o BR 501 e o BR 506 apresentaram no mesmo grupo de médias, sendo o BR 501 o mais tardio em novembro. O maior número de dias para a fase de diferenciação floral do BR 506 pode ser atribuído, provavelmente, ao maior período de juvenilidade e ao seu menor crescimento. Os altos valores observados nas sementeiras deste cultivar em abril e maio são atribuídos também às baixas temperaturas registradas a partir do final de abril (Figura 1).

Entre os cultivares testados, pode-se destacar como o mais precoce o BRS 800 (Tabela 2). Este cultivar apresentou o menor número de dias para a fase de diferenciação floral nas sementeiras de novembro (acrescido do AG 2501C), dezembro, janeiro (juntamente com o AG 2005E e AG 2501C) e abril (acrescido do AG 2002, BR 601, BR 700, AG 2005E e AG 2501C). Sendo assim, pode-se deduzir que o cultivar BRS 800 apresenta menor período de juvenilidade, o que confere maior precocidade da fase vegetativa. Nos cultivos do mês de outubro e maio, os cultivares mais precoces foram o BR 700 (30,00 dias) e o AG 2501C (48,75 dias), respectivamente, por estarem em grupos de médias inferiores aos demais cultivares. Para o BR 700, o mesmo foi verificado em fevereiro e março. Vários trabalhos tem determinado o período de juvenilidade de cultivares de sorgo, destacando valores de 14 a 21 dias (KARANDE et al., 1996), 5 a 9 dias (ALAGARSWAMY et al., 1998) e 19 dias

(CRAUFURD e QI, 2001). Esta variabilidade proporciona a exploração do período de juvenildade longo no melhoramento de cultivares precoces, essenciais em regiões onde as condições de dias curtos induzem o florescimento precoce das plantas. Os resultados obtidos nas semeaduras de outubro a abril assemelham-se aos de CRAUFURD et al. (1993) que constataram para os sorgos precoces e tardios variação de 19 a 30 dias e de 41 a 47 dias, respectivamente, para a fase de diferenciação floral.

## 4.2. Floração

Sabe-se que o estágio de floração é fundamental na determinação do rendimento da cultura do sorgo. As condições climáticas prevalentes neste período, principalmente de temperatura, influenciam a fase de floração e o desenvolvimento das plantas. Sendo assim, torna-se importante identificar os períodos mais adequados ao cultivo dessa gramínea, que proporcionem a maximização do rendimento de forragem.

O ciclo dos cultivares de sorgo é baseado no número de dias da semeadura ao florescimento, visto que a maior parte da variação na maturidade é quantificada pela variação desse período ao invés do florescimento à maturidade fisiológica (SAEED e FRANCIS, 1986). Além do mais, quando um maior número de primórdios foliares são formados, pelo atraso da diferenciação floral devido aos fotoperíodos não indutivos, deverá haver a expansão destes primórdios para que haja a emissão da panícula pela bainha da folha bandeira (BERTERO et al., 1999 e CRAUFURD e QI, 2001). TOLLENAAR (1999) observou que o aumento do fotoperíodo, de 10 para 20 horas, atrasou a fase de pendramento de plantas de milho, devido ao maior número de primórdios foliares diferenciados.

Nesta característica, observou-se efeitos ( $P < 0,01$ ) para as fontes de variação cultivar, ensaio e interação cultivar x ensaios (Tabela 1). Destaca-se também a boa precisão experimental obtida na avaliação desta característica (2,27%). A semeadura do mês de abril foi analisada isoladamente das demais,

devido à discrepância do quadrado médio residual deste ensaio, conforme metodologia proposta por GOMES (1990).

O efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de semeadura pode ser observado na Tabela 3. Semelhantemente ao observado na característica de diferenciação floral, verifica-se que o cultivar BR 506 apresentou maior número de dias para atingir a fase de floração, exceto na semeadura de dezembro. Isto foi verificado também para o BR 501 nas semeaduras de novembro e dezembro, no qual pertenceu ao mesmo grupo de médias do BR 506 em novembro. O maior número de dias, observado com o BR 506, principalmente nas semeaduras de abril, maio e março (167,00; 163,50 e 99,75 dias, respectivamente), pode ser atribuído ao seu menor crescimento, ao maior período de juvenilidade e as baixas temperaturas registradas a partir do final de abril (Figura 1). Ressalta-se ainda que a fase de floração é resultante do somatório do estágio de emergência à diferenciação floral e desta à floração. Conseqüentemente, é esperado que cultivares com maior período de juvenilidade apresentem maior número de dias para atingir a fase de floração. Correlação positiva entre estes dois períodos fenológicos foi observada por CRAUFURD e QI (2001). No entanto, SIÉ et al. (1998a) verificaram que a variabilidade da fase vegetativa (fase compreendida da semeadura ao início do período de sensibilidade ao fotoperíodo) de cultivares de arroz foi menor do que a da semeadura ao florescimento. Isto evidencia que, a fase subsequente à da indução floral foi a principal fonte de variabilidade dos cultivares.

Entre os cultivares avaliados que floresceram mais precocemente em todas as épocas de semeaduras, pode-se destacar o sorgo de duplo propósito AG 2005E (Tabela 3). A maior precocidade, constatada pelos cultivares pertencentes ao grupo de médias de menores valores, foi também verificada na semeadura de outubro (BR 700), novembro (BRS 800), dezembro e janeiro (AG 2501C e BRS 800), fevereiro (BR 601, BR 700, AG 2501C e BRS 800), março (BR 700), abril (AG 2501C e BRS 800) e maio (AG 2501C). Em geral, pode-se afirmar que o menor número de dias do AG 2005E é atribuído ao menor subperíodo da diferenciação floral à floração. A precocidade da floração desses cultivares pode ser explorada em regiões onde os cultivares estão sujeitos aos estresses climáticos, como baixas temperaturas e precipitação.

Tabela 3 – Valores médios do número de dias de floração obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril* <sup>1</sup>	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	87,00 B b	79,75 C b	76,25 D c	72,75 E c	66,25 F c	73,75 E d	94,75 c	127,25 A c		
<b>BR 501</b>	88,50 B b	84,00 C a	82,25 C a	75,50 D b	66,00 E c	75,50 D c	112,50 b	132,75 A b		
<b>BR 506</b>	95,00 C a	83,75 D a	78,50 F b	80,75 E a	77,50 F a	99,75 B a	167,00 a	163,50 A a		
<b>BR 601</b>	80,50 B c	78,25 B b	71,75 C d	69,50 D d	62,25 E d	72,50 C d	93,50 c	127,50 A c		
<b>BR 602</b>	80,50 B c	75,50 C c	73,25 C d	69,75 D d	65,50 E c	73,25 C d	96,50 c	126,75 A c		
<b>BR 700</b>	73,00 B e	71,75 B d	69,75 C e	67,00 D e	60,50 E d	66,00 D e	100,00 c	129,00 A c		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	74,50 B e	61,50 D f	62,25 D f	61,75 D f	60,75 D d	67,25 C e	86,25 d	113,75 A e		
<b>Massa 03</b>	76,25 C d	70,25 D d	69,00 D e	71,75 D c	70,25 D b	88,00 B b	97,00 c	117,50 A d		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	77,25 B d	65,75 C e	64,00 C f	64,00 C f	62,50 C d	75,50 B c	91,25 d	114,50 A e		
<b>BRS 800</b>	77,50 B d	62,50 D f	62,00 D f	63,00 D f	60,50 D d	73,25 C d	89,75 d	118,00 A d		

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

\*<sup>1</sup> Ensaio com quadrado médio residual discrepante dos demais.

Os resultados obtidos com os cultivares são superiores aos de PAULI et al. (1964), que escalonaram a semeadura, de primeiro de maio a 30 de junho. FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) também observaram que as taxas de desenvolvimento de plantas de sorgo aumentaram com a elevação da temperatura média quando se retardou a época de semeadura de setembro a janeiro. Em geral, os resultados obtidos nas semeaduras de outubro a abril com todos os cultivares, assemelham-se aos de CRAUFURD et al. (1993), que observaram variação de 50 a 60 e de 70 a 92 dias para a floração de sorgos precoces e tardios, respectivamente.

Em relação ao efeito das épocas de semeadura, verifica-se que os cultivares apresentaram comportamentos diferenciados, sendo verificados os maiores grupos de médias para a floração na semeadura de maio (Tabela 3). A exceção deste mês, a semeadura realizada em abril, mesmo com a não inclusão na análise conjunta, apresentou valores numericamente superiores em relação às demais épocas. Isto é atribuído às baixas temperaturas registradas a partir do final de abril (Figura 1), fazendo com que as plantas apresentassem menor crescimento. A partir desta época, a temperatura média, por decêndio, foi inferior a 20,0°C, diminuindo progressivamente até a segunda quinzena de julho. Valores médios acima de 20,0°C somente foram constatados a partir do início de outubro, período no qual os cultivares mais precoces atingiram a fase de florescimento.

Neste estudo, constatou-se que os cultivares de mesma aptidão agronômica apresentaram comportamentos semelhantes. O AG 2501C, o BRS 800 e os de duplo propósito (AG 2005E e Massa 03) apresentaram menor número de dias para a floração nas semeaduras de novembro a fevereiro (Tabela 3), pertencendo ao mesmo grupo de médias dentro de cada cultivar. Sendo assim, percebe-se que neste período, o fotoperíodo não afetou o desenvolvimento desses cultivares. O AG 2005E e o BRS 800 apresentaram maior número de dias para a fase de floração na semeadura de maio, seguido dos meses de outubro e março, cujos grupos de média diferiram entre si. Resultados semelhantes foram obtidos com o cultivar AG 2501C, sendo que os valores obtidos nas semeaduras de outubro e março pertenceram ao mesmo grupo de médias. Para o Massa 03, os maiores valores para o estágio de floração foram obtidos nas semeaduras de maio, março e outubro, cujos

grupos de média diferiram entre si. As variações observadas nos resultados são atribuídas às variações nos valores da temperatura média durante o desenvolvimento das plantas.

Os resultados obtidos permitem concluir que os sorgos de duplo propósito e os de corte verde e pastejo, ao serem cultivados no verão (novembro e dezembro) ou na safrinha (janeiro e fevereiro), poderão apresentar o mesmo número de dias para atingir a fase de floração, demonstrando comportamento estável nestas épocas (Tabela 3). Sob condições controladas, CADDEL e WEIBEL (1971) verificaram antecipação da floração quando cultivares de sorgo foram submetidos a fotoperíodos indutivos de 10 horas. Em contrapartida, a duração dessa fase, em cultivares de arroz, foi positivamente correlacionada com o fotoperíodo após a diferenciação floral (YIN e KROPFF, 1998).

Os sorgos forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 apresentaram comportamento semelhante entre si (Tabela 3). Nota-se que estes cultivares apresentaram menor número de dias para a floração na semeadura de fevereiro (grupos de média de menor valor), seguido de janeiro e março para o AG 2002, BR 501 e BR 700 (mesmo grupo de médias para cada cultivar) e de janeiro para o BR 601 e BR 602. Reduções do número de dias para a floração (140 a 98 dias) foram também constatadas por CRAUFURD e QI (2001) entre as semeaduras realizadas em 12 de maio e 21 de julho, respectivamente. Os resultados obtidos com semeaduras realizadas em outubro a março assemelham-se aos de COSTA et al. (1995) e ALAGARSWAMY e CHANDRA (1998) e até abril com os de FLOWER (1996).

De maneira geral, o maior número de dias para a floração dos cultivares forrageiros foi verificado nos cultivos de maio, diferindo dos demais grupos de médias, seguido das semeaduras de outubro, para o AG 2002, BR 501 e BR 602, e de outubro e novembro para BR 601 e BR 700 (Tabela 3). O BR 506 foi o que apresentou o maior número de dias para a fase de floração (167,00 e 163,50 dias) nas semeaduras de abril e maio, respectivamente. Isto é justificado pelo menor crescimento em relação aos demais cultivares, ao maior período de juvenildade e a presença de temperaturas inadequadas para o desenvolvimento das plantas a partir de abril.

### 4.3. Maturação

Para a maturação, observou-se o efeito ( $P \leq 0,01$ ) para as fontes de variação cultivar, ensaio e interação cultivar x ensaios, além da alta precisão experimental dos dados, determinados pelo baixo coeficiente de variação (0,98%) (Tabela 1).

Ao se analisar a Tabela 4, pode-se verificar o efeito dos cultivares em cada época de semeadura. Dentre os que apresentaram maior número de dias para a maturação, verifica-se que o BR 506 foi o mais tardio em todas as épocas, constatando o maior grupo de médias, cujos valores variaram de 110,00 a 203,50 dias. O maior ciclo deste cultivar é justificado pelo menor crescimento e pelo maior período de juvenildade. O maior valor observado na semeadura de abril (203,50 dias) é justificado pelas baixas temperaturas registradas durante a fase de maturação (Figura 1). O menor valor observado na semeadura de maio (196,00 dias) é atribuído às maiores temperaturas em novembro de 2000 (Figura 1), coincidindo com o início da fase de maturação deste cultivar, proporcionando assim, um melhor desenvolvimento das plantas.

Entre os cultivares de ciclo precoce, constatado pelo menor grupo de médias, destaca-se o sorgo BRS 800 (Tabela 4). Este cultivar apresentou menor número de dias para atingir a fase de maturação em todas as épocas de semeaduras. A maior precocidade foi constatada para outros cultivares, que pertenceram ao mesmo grupo de médias do BRS 800, nas semeaduras de dezembro (AG 2501C), fevereiro (BR 601 e BR 700), março (AG 2002, BR 601 e BR 700), abril (BR 601, BR 700 e AG 2005E) e maio (AG 2501C). A precocidade desses cultivares pode assumir importância nas regiões onde se pratica dois ou até mesmo três cultivos ao ano. Esta abordagem é válida também para áreas sujeitas a baixas temperaturas e, ou, com ausência de precipitação em determinados períodos do ano. Neste caso, poderia se cultivar o sorgo fazendo com que o final da fase de maturação coincida com o início desses períodos. CRAUFURD et al. (1993) constataram variação de 78 a 85 e de 99 a 123 dias para a maturação de sorgos precoces e tardios, respectivamente, assemelhando desta forma aos resultados obtidos nas semeaduras de outubro a março.

Tabela 4 – Valores médios do número de dias de maturação obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	113,00 C c	106,50 D c	107,00 D b	104,25 E b	99,75 F d	113,25 C f	144,00 B b	168,00 A c		
<b>BR 501</b>	116,00 D b	113,00 E b	107,50 F b	104,25 G b	95,25 H e	124,25 C c	144,00 B b	175,00 A b		
<b>BR 506</b>	129,00 D a	120,00 E a	110,00 F a	110,50 F a	130,00 D a	164,00 C a	203,50 A a	196,00 B a		
<b>BR 601</b>	107,00 D d	107,00 D c	108,00 D b	101,00 E c	92,50 F f	113,00 C f	139,00 B c	167,00 A c		
<b>BR 602</b>	112,00 D c	106,00 E c	107,00 E b	101,00 G c	103,00 F c	116,25 C e	143,00 B b	167,00 A c		
<b>BR 700</b>	99,00 D f	92,50 G d	97,25 E c	95,50 F d	92,00 G f	112,50 C f	140,25 B c	159,00 A d		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	100,00 D f	89,25 F e	92,00 E e	90,50 F f	93,50 E e	115,50 C e	139,00 B c	160,00 A d		
<b>Massa 03</b>	104,25 D e	91,50 G d	95,50 F d	100,50 E c	105,25 D b	126,00 C b	144,00 B b	160,00 A d		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	99,50 D f	88,50 F e	87,00 F f	93,00 E e	94,50 E e	117,50 C d	143,25 B b	154,00 A e		
<b>BRS 800</b>	94,00 D g	83,50 G f	87,50 F f	86,25 F g	92,00 E f	113,00 C f	139,00 B c	154,00 A e		

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

Quando se avalia o efeito das épocas de semeadura, verifica-se que os cultivares comportaram diferentemente (Tabela 4). De modo geral, o maior número de dias da maturação, a exceção do BR 506, foi constatado na semeadura de maio (maior grupo de médias), seguido dos meses de abril e março, cujos valores obtidos com o AG 2002 pertenceram ao mesmo grupo de médias nas semeaduras de março e outubro. Segundo CRAUFURD e QI (2001), a temperatura é o principal fator determinante da duração dessa fase fenológica. Os baixos valores registrados a partir do final de abril (Figura 1) fizeram com que os cultivares apresentassem menor crescimento durante a fase de maturação nas semeaduras realizadas a partir de março. A contínua redução da temperatura até meados de julho foi acompanhada pelo retardamento do ciclo das plantas, constatado nas semeaduras de abril e maio.

O número de dias da fase de maturação do sorgo é importante para a obtenção de bons rendimentos de forragem. A duração dessa fase está altamente relacionada com os efeitos da temperatura, sendo considerado o principal fator climático que determina o ciclo e o rendimento dos cultivares. Nos sorgos forrageiros, além do efeito de baixas temperaturas no retardamento do desenvolvimento das plantas, há a menor produção de grãos, afetando a qualidade da forragem produzida. As baixas temperaturas (Figura 1) registradas durante a fase de floração dos cultivares prejudicaram a produção de grãos de pólen e, conseqüentemente, ocasionaram a sua esterilidade, conforme verificado para o sorgo (PAUL, 1990) e para o arroz (DINGKUHN et al., 1995). Além do mais, as baixas temperaturas na fase de enchimento de grãos, provavelmente, reduziram a translocação de fotoassimilados para estes órgãos, no qual afetou o seu crescimento. A ausência de grãos na panícula foi verificada nas semeaduras de março (AG 2002, AG 2005E, BR 601 e BR 602), abril (em todos os cultivares, com exceção do AG 2501C e do BR 506) e maio (AG 2002, AG 2005E, BR 501, BR 506, BR 601 e BR 602). Este fato é justificado pela temperatura média de 15°C, aproximadamente, registrada no início do mês de junho, coincidindo com o início do período de maturação dos cultivares semeados em março. Para a semeadura de maio, o principal fator responsável pela redução do número de grãos na panícula foram as baixas temperaturas noturnas durante a fase de maturação dos cultivares.

Neste estudo, constatou-se que os cultivares de mesma aptidão agronômica apresentaram comportamentos semelhantes (Tabela 4). O AG 2501C apresentou menor grupo de médias nas semeaduras de novembro e dezembro (88,50 e 87,00 dias, respectivamente), seguido dos meses de janeiro e fevereiro (93,00 e 94,50 dias, respectivamente). Para o cultivar BRS 800, o menor valor foi verificado no mês de novembro (83,50 dias), seguido do grupo de médias dos meses de dezembro e janeiro (87,50 e 86,25 dias, respectivamente) e de fevereiro (92,00 dias). Estes resultados são concordantes com os de CRAUFURD e QI (2001), que constataram diminuição do ciclo do sorgo (de 188 a 123 dias) quando se estendeu a semeadura de 12 de maio a 21 de julho no hemisfério norte. Nesta mesma região, PAULI et al. (1964) constataram aumentos de 9 dias do plantio à maturidade fisiológica de cultivares de sorgo, quando se antecipou a data de semeadura de 10 de junho a primeiro de maio. Com o uso de cultivares de sorgos forrageiro e sacarino, FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) verificaram também decréscimos no número de dias para atingir a maturação com o atraso na data na semeadura de setembro a janeiro na região do hemisfério sul.

Para os cultivares de duplo propósito, o Massa 03 apresentou menor número de dias para a maturação na semeadura de novembro, seguido de dezembro e de janeiro (91,50; 95,50 e 100,50 dias, respectivamente), sendo que os grupos de média diferiram-se entre si (Tabela 4). Para o AG 2005E, o menor número de dias foi observado nos meses de novembro e janeiro (menor grupo de médias), seguido de dezembro e fevereiro (89,25; 90,50; 92,00 e 93,50 dias, respectivamente). Em geral, os resultados obtidos com o AG 2005E e AG 2501C permitem concluir que, quando semeados entre os meses de novembro e fevereiro, estes cultivares apresentarão comportamento mais precoce para atingir a fase de grãos farináceos. Semelhante ao observado neste trabalho, TOLLENAAR (1999) verificou que o período de enchimento de grãos em plantas de milho não foi afetado pelo fotoperíodo. GADIOLI et al. (2000) constataram, em um mesmo híbrido de milho, a duração semelhante da fase reprodutiva entre as épocas de semeadura de setembro, outubro e dezembro.

De modo geral, para os cultivares forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601 e BR 700, o menor número de dias para a maturação foi verificado na

semeadura de fevereiro, seguido do grupo de média de janeiro (Tabela 4). Para o BR 700, os valores obtidos em fevereiro e novembro não diferiram entre si. O cultivar BR 506 apresentou menor valor em dezembro e janeiro (110,00 e 110,50 dias, respectivamente), cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias. Para todos os cultivares utilizados neste ensaio, os menores valores obtidos para atingir a fase de grãos farináceos se devem à elevação da temperatura (Figura 1) durante o desenvolvimento das plantas, conforme destacado por PAUL (1990). Decréscimos na duração do ciclo das plantas de milho, à medida que se retardou a semeadura, foram verificados por GADIOLI et al. (2000), devido à redução da fase vegetativa dos híbridos.

#### **4.4. Estádio de Crescimento 2**

É sabido que o estágio de floração do sorgo forrageiro assume importância na obtenção de forragem de qualidade. As condições climáticas predominantes na região de cultivo dessa gramínea influenciam o período de floração das plantas. Assim, a identificação de épocas adequadas ao cultivo do sorgo é essencial para os agricultores que almejam a maximização do rendimento de forragem.

Como destacado por FLOWER (1996), o florescimento em sorgo é caracterizado pelo final do período de extensão do caule. No trabalho realizado, pode-se dizer que o fotoperíodo apresentou um efeito indireto no estágio de floração do sorgo. Isto pode ser constatado quando houve o atraso da diferenciação floral, pelo efeito de fotoperíodos não indutivos. Nesta situação, um maior número de primórdios foliares foram formados, aumentando a duração do período vegetativo dos cultivares. Sendo assim, o estágio de floração foi atingido somente quando houve a completa expansão destes primórdios, havendo posteriormente a emissão da panícula pela bainha da folha bandeira, como é destacado por CRAUFURD e QI (2001). Resultados semelhantes foram observados por TOLLENAAR (1999) em plantas de milho. Este autor constatou que o aumento do fotoperíodo, de 10 para 20 horas, atrasou a emissão do pendão das plantas. Isto foi atribuído ao atraso na

diferenciação floral que proporcionou a formação de maior número de primórdios foliares.

Quando se observa a Tabela 1, pode-se constatar que não houve efeito ( $P \leq 0,05$ ) apenas para a fonte de variação cultivar. A interação cultivar x ensaio apresentou significância ( $P \leq 0,01$ ), evidenciando que os cultivares de sorgo comportaram diferentemente nas épocas de semeaduras e estas apresentaram, também, efeito diferenciado em função dos cultivares. Ressalta-se ainda a alta precisão experimental dos dados obtidos, determinados pelo coeficiente de variação (4,51%).

O efeito dos cultivares de sorgo, dentro de cada época de semeadura, pode ser observado na Tabela 5. Para o BR 506, verificou-se maior número de dias, ou de grupos de médias do EC 2 (estádio de crescimento 2) nas semeaduras de novembro (juntamente com o AG 2002, BR 601, BR 602, Massa 03 e AG 2501C), janeiro (BR 602, AG 2501C e BRS 800), fevereiro e março. Nas demais épocas, destacam-se os grupos de médias compostos pelos cultivares AG 2002 e BR 501 (outubro), BR 501 e BRS 800 (dezembro), BR 501 (abril) e BR 700 e AG 2501C (maio). O maior número de dias, observado com o BR 506, é atribuído ao menor crescimento e ao maior período de juvenilidade, que proporcionou maior número de folhas a serem emitidas, retardando assim a fase de floração. Além do mais, na semeadura de março, o início do EC 2 coincidiu com a redução da temperatura média (Figura 1). Esta redução, segundo BONHOMME (2000), proporciona atraso no desenvolvimento das plantas.

Na semeadura de maio, era de se esperar que o valor do EC 2 do BR 506 (44,25 dias) fosse semelhante aos demais cultivares (Tabela 5). No entanto, como a diferenciação floral desse cultivar ocorreu 119,25 dias após sua semeadura (Tabela 2), o início do EC 2 (após a segunda quinzena de setembro) coincidiu com a elevação da temperatura média (Figura 1), proporcionando maior desenvolvimento das plantas e menor número de dias de EC 2. FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) observaram que as plantas de sorgo apresentaram desenvolvimento mais acelerado com a elevação da temperatura do ambiente à medida que se estendeu a semeadura de setembro a janeiro. Aumentos na taxa de aparecimento foliar, com a elevação da temperatura, foram observados por CRAUFURD et al. (1998).

Tabela 5 – Valores médios do número de dias do estágio de crescimento 2 (EC 2) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra(MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	49,25 C a	46,25 D a	40,00 E b	41,50 E b	41,75 E b	50,50 C c	67,75 A c	55,75 B c		
<b>BR 501</b>	51,00 C a	40,75 D b	42,75 D a	40,50 D b	39,75 D c	51,00 C c	79,50 A a	57,25 B c		
<b>BR 506</b>	39,00 D d	42,75 C a	40,50 D b	45,75 C a	45,25 C a	65,25 A a	60,00 B e	44,25 C d		
<b>BR 601</b>	46,00 D b	44,00 D a	36,75 E c	39,50 E b	38,00 E c	49,25 C c	66,00 A c	54,50 B c		
<b>BR 602</b>	46,00 D b	43,75 E a	39,25 F b	42,50 E a	41,25 F b	50,25 C c	63,50 A d	57,50 B c		
<b>BR 700</b>	43,00 D c	38,50 E b	35,75 F c	37,25 F c	40,00 E c	46,75 C d	73,50 A b	65,00 B a		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	41,00 C d	36,25 D c	35,50 D c	41,25 C b	36,50 D c	46,00 B d	58,75 A e	60,00 A b		
<b>Massa 03</b>	43,25 C c	41,75 C a	39,50 C b	40,75 C b	39,75 C c	57,75 B b	61,00 A e	61,75 A b		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	42,75 C c	42,50 C a	38,25 D c	43,00 C a	39,50 D c	50,50 B c	63,50 A d	65,75 A a		
<b>BRS 800</b>	40,00 D d	39,00 D b	44,50 C a	43,50 C a	38,00 D c	51,75 B c	63,50 A d	60,50 A b		

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

Entre os sorgos que apresentaram menor período do EC 2, em todas as épocas de semeaduras, destaca-se o cultivar de duplo propósito AG 2005E (Tabela 5), com exceção das semeaduras de janeiro e maio. A maior precocidade do subperíodo EC 2, constatada pelo grupo de médias de menores valores, foi também verificada para os cultivares BR 506 e BRS 800 (outubro), BR 601, BR 700 e AG 2501C (dezembro), BR 700 (janeiro), BR 501, BR 601, BR 700, Massa 03, AG 2501C e BRS 800 (fevereiro), BR 700 (março), BR 506 e Massa 03 (abril) e BR 506 (maio). Os resultados obtidos com estes cultivares são superiores aos de PAULI et al. (1964), que verificaram valor médio de 31 dias para o EC 2, e semelhantes aos de CRAUFURD et al. (1993), HUDA (1988) e de CRAUFURD e QI (2001), nas semeaduras de outubro a fevereiro. A precocidade do EC 2 desses cultivares pode ser explorada em regiões onde os cultivares estão sujeitos aos estresses climáticos, como baixas temperaturas e precipitação.

Em relação ao efeito das épocas de semeadura, verifica-se que os cultivares apresentaram comportamento diferenciado (Tabela 5), apresentando maior número de dias do EC 2 nas semeaduras de abril e maio. As baixas temperaturas registradas a partir do final de abril (Figura 1) fizeram com que as plantas apresentassem menor crescimento. Nesta época, a temperatura média, por decêndio, foi inferior a 20,0°C, diminuindo progressivamente até a segunda quinzena de julho. Posteriormente, valores médios acima desse valor somente foram verificados a partir do início de outubro.

Na avaliação do EC 2, constatou-se também que os cultivares, de mesma aptidão agronômica, apresentaram comportamentos semelhantes. Os sorgos forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 apresentaram comportamento semelhante entre si (Tabela 5). Em geral, verificou-se que estes cultivares apresentaram maior número de dias nas semeaduras de abril, sendo de grupo de média superior ao da semeadura de maio e março, que diferiram entre si. Neste mês, os valores obtidos com o AG 2002 e BR 501 pertenceram ao mesmo grupo de médias da semeadura de outubro. Os maiores resultados obtidos nas semeaduras de abril, maio e março, comparado às demais épocas, são atribuídos à diminuição da temperatura média a partir do final de abril (Figura 1), que coincidiu com o início do EC 2, ocasionando desta forma redução no desenvolvimento das plantas.

Por outro lado, os menores grupos de médias do AG 2002, BR 501 e BR 601 foram obtidos nas semeaduras de dezembro a fevereiro, acrescido de novembro para o BR 501 (Tabela 5). Para o BR 506, o menor grupo de médias foi verificado na semeadura de outubro e dezembro, dezembro e fevereiro para o BR 602, e dezembro e janeiro para o BR 700. Estes valores são justificados pela presença de temperaturas mais elevadas durante o EC 2 (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por CRAUFURD e QI (2001), que constataram variação neste subperíodo de 42 a 37 dias, entre as semeaduras realizadas em 12 de maio e 21 de julho, não apresentando relação com o fotoperíodo e sim com a temperatura. PAULI et al. (1964) verificaram também que a antecipação da semeadura do sorgo, de 30 de junho para primeiro de maio, proporcionou aumento médio de 5 dias do subperíodo EC 2.

Os cultivares AG 2005E, Massa 03, AG 2501C e BRS 800 apresentaram maior número de dias do EC 2 nas semeaduras de abril e maio, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias, sendo superiores aos obtidos em março (Tabela 5). Como para os demais cultivares, os maiores valores verificados nesta situação, com os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo, são atribuídos às baixas temperaturas constatadas durante o desenvolvimento das plantas (Figura 1). Em contrapartida, o cultivar AG 2501C apresentou o menor número de dias nas semeaduras de dezembro e fevereiro, seguidos dos meses de outubro, novembro e janeiro, que pertenceram ao mesmo grupo de médias. Resultados semelhantes foram obtidos para o AG 2005E. Com o BRS 800, constatou-se menores valores do EC 2 nas semeaduras de outubro, novembro e fevereiro, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias. Os resultados obtidos são justificados pela maior temperatura média no período do EC 2.

O cultivar Massa 03, semelhantemente ao observado na diferenciação floral, apresentou um comportamento estável nas semeaduras realizadas de outubro a fevereiro, pois os valores de EC 2 se encontravam em um mesmo grupo de médias (Tabela 5). Diante dos resultados obtidos com os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo, constata-se que, para um mesmo cultivar, o cultivo no período de verão (semeaduras realizadas em outubro, novembro e dezembro) ou na safrinha (janeiro e fevereiro) apresentou

comportamento semelhante para o subperíodo EC 2, demonstrando um comportamento estável nestas épocas.

Todos os resultados obtidos no EC 2 foram atribuídos aos efeitos da temperatura, estando de acordo com os de CRAUFURD e QI (2001). Estes autores verificaram, em uma variedade de sorgo sensível ao fotoperíodo, que a fase da diferenciação floral ao florescimento apresentou relação apenas com a temperatura, constatando em média 24,5 dias para essa fase. Em contrapartida, na cultura do arroz, a duração dessa fase foi positivamente correlacionada com o fotoperíodo (YIN e KROPFF, 1998).

#### **4.5. Estádio de Crescimento 3**

Na cultura do sorgo, o número de dias da fase de maturação é de suma importância para a obtenção de forragens de melhor valor nutricional, sendo que a duração dessa fase está altamente relacionada com os efeitos da temperatura. Sendo assim, torna-se importante a escolha da melhor época de cultivo que proporciona, não só um rendimento satisfatório, mas também melhor valor nutricional da forragem produzida.

As baixas temperaturas registradas no final do EC 2 proporcionaram a diminuição da produção de pólen e a esterilidade dos grãos, conforme destacado para o sorgo (PAUL, 1990) e arroz (DINGKUHN et al., 1995). A ausência de grãos na panícula foi verificada nas sementeiras de março (AG 2002, AG 2005E, BR 601 e BR 602), abril (em todos os cultivares, com exceção do AG 2501C e do BR 506) e maio (AG 2002, AG 2005E, BR 501, BR 506, BR 601 e BR 602). Este fato é justificado pela coincidência do início do período de maturação dos cultivares, semeados em março, com as temperaturas médias, de aproximadamente, 15°C no início do mês de junho (Figura 1), atingindo valores de até 1,0°C em algumas noites do mês de julho.

Na avaliação do EC 3 (estádio de crescimento 3), observou-se efeito para todas as fontes de variação ( $P \leq 0,05$  para cultivares e  $P \leq 0,01$  para as demais) (Tabela 1). Destaca-se também a boa precisão dos dados experimentais, constatado pelo coeficiente de variação (6,97%).

Ao se analisar a Tabela 6, verifica-se que na semeadura de janeiro, somente o BRS 800 foi de grupo inferior aos demais cultivares, apresentando o menor valor (23,25 dias). Nas demais épocas, os cultivares que apresentaram grupos de médias de maiores valores foram: BR 506 e BR 602 (outubro), BR 506 (novembro), BR 601 e BR 602 (dezembro), BR 506 (fevereiro e março), AG 2005E e AG 2501C (abril) e AG 2005E (maio).

Entre os cultivares com menor período do EC 3, destaca-se o sorgo BRS 800. Este cultivar apresentou o menor número de dias nas semeaduras de outubro a março (Tabela 6), atribuído ao fato, desse cultivar ter sido melhorado para o uso de corte verde ou pastejo direto. Em ambas utilizações, as plantas não atingem a fase de floração e quanto mais rápido for o seu crescimento, maior será a exploração do cultivar. Com o AG 2501C, de mesma aptidão agrônômica do BRS 800, a maior precocidade do estágio EC 3 somente foi verificada nas semeaduras de novembro, dezembro e fevereiro, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias do BRS 800. A precocidade desse subperíodo assume importância nas regiões onde se pratica dois, ou até mesmo, três cultivos ao ano, devido ao menor ciclo dos cultivares.

Além desses dois cultivares, o menor EC 3, constatado pelo grupo de menores médias, foi também observado nas semeaduras de novembro (BR 700 e Massa 03), dezembro (BR 501, BR 700 e Massa 03), fevereiro (AG 2002, BR 501, BR 601, BR 700 e AG 2005E), março (AG 2002, BR 601 e Massa 03), abril (BR 501) e maio (BR 506 e BR 700), como pode ser observado na Tabela 6. Estes cultivares seriam recomendados para as regiões sujeitas a baixas temperaturas e, ou, com ausência de precipitação em períodos específicos do ano, fazendo com que o final da fase de maturação coincidissem com o início desses períodos. Para as semeaduras de outubro a fevereiro, os resultados obtidos assemelham-se aos de PAULI et al. (1964) (31 dias) e são inferiores aos de HUDA (1988) (valores médios de 34 dias).

Quando se avalia o efeito das épocas de semeaduras, verifica-se que os cultivares apresentaram comportamento diferenciado, como verificado com os sorgos de duplo propósito e os de corte verde e pastejo (Tabela 6). Para o AG 2005E e AG 2501C, o maior grupo de média do EC 3 foi obtido na semeadura de abril, seguido de maio e março, que pertenceram ao mesmo grupo.

Tabela 6 – Valores médios do número de dias do estágio de crescimento 3 (EC 3) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	26,00 D b	26,75 D b	30,75 C b	31,50 C a	33,50 C c	39,50 B d	49,25 A b	40,75 B b		
<b>BR 501</b>	27,50 D b	29,00 C b	25,25 D c	28,75 C a	29,25 C c	48,75 A b	31,50 C f	42,25 B b		
<b>BR 506</b>	34,00 C a	36,25 C a	31,50 D b	29,75 D a	52,50 B a	64,25 A a	36,50 C e	32,50 D d		
<b>BR 601</b>	26,50 E b	28,75 E b	36,25 C a	31,50 D a	30,25 D c	40,50 B d	45,50 A c	39,50 B b		
<b>BR 602</b>	31,50 D a	30,50 D b	33,75 D a	31,25 D a	37,50 C b	43,00 B c	46,50 A c	40,25 C b		
<b>BR 700</b>	26,00 D b	20,75 E c	27,50 D c	28,50 D a	31,50 C c	46,50 A b	40,25 B d	30,00 C d		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	25,50 D b	27,75 D b	29,75 D b	28,75 D a	32,75 C c	48,25 B b	52,75 A a	46,25 B a		
<b>Massa 03</b>	28,00 D b	21,25 E c	26,50 D c	28,75 D a	35,00 C b	38,00 C d	47,00 A c	42,50 B b		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	22,25 D c	22,75 D c	23,00 D c	29,00 C a	32,00 C c	42,00 B c	52,00 A a	39,50 B b		
<b>BRS 800</b>	16,50 G d	21,00 F c	25,50 E c	23,25 F b	31,50 D c	39,75 B d	49,25 A b	36,00 C c		

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

Resultados semelhantes foram obtidos para o cultivar Massa 03. As baixas temperaturas registradas de maio a setembro (Figura 1), período de maturação dos cultivares nas sementeiras acima mencionadas, fizeram com que as plantas apresentassem menor crescimento. Segundo CRAUFURD e QI (2001), a temperatura é que determina a duração dessa fase fenológica.

Os efeitos de altas temperaturas no maior crescimento das plantas podem ser observados nas primeiras sementeiras (Tabela 6). Além de apresentarem comportamento semelhante, verificou-se grupo de menor número de dias do EC 3 para o AG 2005E nas sementeiras de outubro a janeiro, e para o AG 2501C, de outubro a dezembro. Desempenho semelhante foi obtido com o cultivar Massa 03, sendo que o grupo de menor valor foi observado na sementeira de novembro (21,25 dias). Esses resultados são concordantes com os de CRAUFURD e QI (2001), que constataram diminuição da fase de maturação do sorgo (49 a 25 dias) quando se retardou a sementeira de 12 de maio a 21 de julho. Esses resultados são também semelhantes aos obtidos por PAULI et al. (1964) no cultivo do sorgo no hemisfério norte. Por outro lado, em cultivares forrageiro e sacarino, FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) verificaram aumentos desse período com o atraso da data de sementeira de setembro a janeiro no hemisfério sul. Resultados semelhantes aos destes autores foram verificados para o BRS 800, que apresentou o menor valor (16,50 dias) na sementeira de outubro, aumentando gradativamente até a de abril (49,25 dias).

Em geral, os resultados obtidos com os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo permitem concluir que, quando cultivados entre os meses de outubro a janeiro, os cultivares apresentarão um comportamento estável da fase de floração à de grãos farináceos. Para a cultura do milho, GADIOLI et al. (2000) constataram também, em um mesmo híbrido, duração semelhante da fase reprodutiva nas épocas de sementeira de setembro, outubro e dezembro. O mesmo foi verificado por TOLLENAAR (1999) quando submeteu as plantas de milho a fotoperíodos de 10 e 20 horas durante a fase vegetativa.

Para os cultivares forrageiros, AG 2002 e BR 601, o grupo de maior período do EC 3 foi verificado na sementeira de abril, seguido do grupo compostos dos meses de maio e março (Tabela 6). O BR 602 apresentou comportamento semelhante, sendo o grupo de maior valor verificado em abril,

seguido das sementeiras de março, maio e fevereiro, sendo as duas últimas sementeiras pertencentes ao mesmo grupo de médias. Os demais cultivares forrageiros (BR 501, BR 506 e BR 700) apresentaram grupos de maior valor na sementeira de março, sendo justificados pelas baixas temperaturas registradas durante o período de maturação desses cultivares (Figura 1).

Ainda enfocando o desempenho dos cultivares forrageiros, nota-se que o BR 602 e o BR 700 apresentaram comportamento semelhante quanto ao menor número de dias para o EC 3 (Tabela 6). Verificou-se que o primeiro cultivar apresentou maior estabilidade deste subperíodo, pois os valores obtidos nas sementeiras realizadas de outubro a janeiro apresentaram-se como o grupo de menores médias. Com o BR 700, o menor valor foi verificado na sementeira de novembro (20,75 dias), sendo que as de outubro, dezembro e janeiro pertenceram ao mesmo grupo de médias.

Para os cultivares AG 2002 e BR 601, as sementeiras de outubro e novembro proporcionaram os menores valores do EC 3 seguidas de dezembro a fevereiro, para o AG 2002, e de janeiro e fevereiro para o BR 601 (Tabela 6). O cultivar BR 501 apresentou menor valor nas sementeiras de outubro e dezembro, seguidos dos meses de novembro, janeiro, fevereiro e abril, nos quais pertenceram ao mesmo grupo de médias. O BR 506 possuiu menor período do EC 3 nas sementeiras de dezembro, janeiro e maio, seguidas de outubro, novembro e abril, cujos valores estiveram em um mesmo grupo de médias. Os menores resultados obtidos com os cultivares forrageiros se devem a coincidência do período de maturação com a presença de temperaturas mais elevadas (Figura 1), proporcionando maior crescimento das plantas, conforme destacado por PAUL (1990).

Em todos cultivares, a presença de temperaturas mais elevadas durante o EC 3 não causou prejuízos ao desenvolvimento dos grãos. Decréscimos do ciclo das plantas de milho, à medida que se retardou a sementeira, foram verificados também por GADIOLI et al. (2000), atribuindo à redução da fase vegetativa. Por outro lado, KANTOLIC e SLAFER (2001) constataram efeitos do fotoperíodo no estágio reprodutivo da soja. Estes autores destacam que, quando as plantas foram submetidas a fotoperíodos longos, houve o aumento do período das fases de pós-florescimento, aumentando o rendimento de biomassa e o rendimento por planta.

Apesar da grande faixa de combinação entre fotoperíodo e temperatura abrangida neste estudo, mediante a variação das datas de semeadura de outubro a maio, exigem-se cuidados na extrapolação dos resultados para outros cultivares de sorgo. No trabalho realizado, os efeitos do termo-fotoperíodo puderam ser observados em todos os meses, constatando a sensibilidade dos cultivares a estes fatores climáticos.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os cultivares AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 responderam aos fotoperíodos indutivos nas sementeiras de janeiro, fevereiro e março. A insensibilidade ao fotoperíodo foi observada com os cultivares AG 2005E, AG 2501C, BR 506, BRS 800 e Massa 03, sendo que o BRS 800 mostrou-se sensível às variações de temperatura.
2. A redução da temperatura nas sementeiras de abril e maio, mesmo sob fotoperíodos indutivos, ocasionou o atraso da diferenciação floral do sorgo.
3. O BR 506 apresentou o maior período de juvenilidade e o BRS 800 foi o mais precoce para a diferenciação floral. Estes cultivares apresentaram também o maior e o menor período para a maturação, respectivamente.
4. Apenas a temperatura apresentou efeito nos estádios de crescimentos 2 (EC 2) e 3 (EC 3). As baixas temperaturas durante a floração causaram a redução do número de grãos do sorgo.
5. Para a fase de floração, o BR 506 comportou-se como o mais tardio, devido ao seu maior período de juvenilidade, e o AG 2005E e o BRS 800 foram os mais precoces na maioria das sementeiras.

6. Os cultivares de duplo propósito e os de corte e pastejo apresentaram maior número de dias do estágio de crescimento 2 nas semeaduras de abril e maio, apresentando também comportamento estável de outubro a fevereiro. O AG 2005E apresentou o menor valor para essa característica na maior parte das semeaduras.
  
7. O BRS 800 e o BR 506 apresentaram o menor e o maior número de dias do estágio de crescimento 3 na maioria das semeaduras, respectivamente. Para todos os cultivares, de modo geral, os menores valores foram verificados nas semeaduras de outubro a janeiro e os maiores em abril, março e maio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGARSWAMY, G.; CHANDRA, S. Pattern analysis of international sorghum multi-environment trials for grain-yield adaptation. **Theoretical and Applied Genetics**, v.96, n.3-4, p.397-405, mar.1998.

ALAGARSWAMY, G.; REDDY, D.M.; SWAMINATHAN, G. Durations of the photoperiod-sensitive and insensitive phases of time to panicle initiation in sorghum. **Field Crops Research**, v.55, n.1-2, p.1-10, jan.1998.

ALLEN, R.R.; MUSICK, J.T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, v.36, n.4, p.1123-1129, july-aug.1993.

ANDA, A.; PINTER, L. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. **Agronomy Journal**, v.86, n.4, p.621-624, july/aug.1994.

BELLO, N.J. An investigation of the agroclimatic potential of the forest-savanna transition zone of Nigeria for the cultivation of sorghum. **Experimental Agriculture**, v.33, n.2, p.157-171, 1997.

BERTERO, H.D.; KING, R.W.; HALL, A.J. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v.60, p.231-243, 1999.

BIRCH, C.J.; HAMMER, G.L.; RICKERT, K.G. Temperature and photoperiod sensitivity of development in five cultivars of maize (*Zea mays* L.) from emergence to tassel initiation. **Field Crops Research**, v.55, p.93-107, 1998.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, v.13, p.1-10, 2000.

BRINK, M.; SIBUGA, K.P., TARIMO, A.J.P.; RAMO LEMANA, G.M. Quantifying photothermal influences on reproductive development in bambara groundnut (*Vigna subterranea*): models and their validation. **Field Crops Research**, v.66, p.1-14, 2000.

CADDEL, J.L.; WEIBEL., D.E. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. **Agronomy Journal**, v.63, p.799-803, sep./oct.1971.

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

COSTA, N.de.L.; OLIVEIRA, J.R.da.C.; LEÔNIDAS, F.das.C. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro em Porto Velho-RO. **Lavoura Arrozeira**, v.48, n.420, p.17-18, mar./abr.1995.

CRAUFURD, P.Q.; FLOWER D.J.; PEACOCK, J.M. Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). I. Panicle development and leaf appearance. **Experimental Agriculture**, v.29, p.61-76, 1993.

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

CRAUFURD, P.Q.; QI, A. ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H.; MAHALAKSHMI, V. Effect of temperature on time to panicle initiation and leaf appearance in sorghum. **Crop Physiology & Metabolism**, v.38, p.942-947, july/aug.1998.

DINGKUHN, M.; SOW, A.; SAMB, A.; DIACK, S.; ASCH,F. Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel – I. Photothermal and micro-climatic responses of flowering. **Agricultural Systems**, v.48, p.385-410, 1995.

ELLIS, R.H.; QI, A.; CRAUFURD, P.Q.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, v.79, n.2, p.169-178, 1997.

FARIA, V.P.de. Técnicas de produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8 Piracicaba: FEALQ, 1986. **Anais...** Piracicaba, 1986. p.119-144.

FERRARIS, R.; CHARLES-EDWARDS, D.A. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. **Australian Journal Agriculture Research**, v.37, n.5, p.495-512, 1986.

FLOWER, D.J. Physiological and morphological features determining the performance of the sorghum landraces of northern Nigeria. **Experimental Agriculture**, v.32, p.129-141, 1996.

GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G.; BASANTA, M.del.V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.377-383, jul./set.2000.

GATES, C.E.; BILBRO, J.D. Illustration of a cluster analysis method for mean separation. **Agronomy Journal**, v.70, may/june.1978.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: NOBEL. 13.ed., 1990. 466p.

GÓMEZ-MACPHERSON, H.; RICHARDS, R.A. Effect of early sowing on development in wheat isolines differing in vernalisation and photoperiod requirements. **Field Crops Research**, v.54, p.91-107, 1997.

GRENIER, C.; BRAMEL-COX, P.J.; HAMON, P. Core Collection of Sorghum: I. Stratification based on eco-geographical data. **Crop Science**, v.41, n.1, p.234-240, 2001.

HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L.; GIBSON, G.; WADE, L.J.; HENZELL, R.G.; YOUNGER, D.R.; WARREN, J.; DALE, A.B. Genotype-by-environment interaction in grain sorghum. II. Effects of temperature and photoperiod on ontogeny. **Crop Science**, v.29, p.376-384, 1989.

HUDA, A.K.S. Simulation growth and yield responses of sorghum to changes in plant density. **Agronomy Journal**, v.80, n.3, p.541-547, may/june.1988.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research**, v.72, p.109-118, 2001.

KARANDE, B.I.; VARSHNEYA, M.C.; NAIDU, T.R.V. Photoperiodically sensitive time interval for panicle initiation of sorghum. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.1, n.4, p.258-261, oct./dec.1996.

KEATINGE, J.D.H.; QI, A.; WHEELER, T.R.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. **Field Crops Research**, v.57, p.139-152, 1998.

LIMA, W.F.; TOLEDO, J.F.F.de.; ARIAS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F.de. Stability of soybean yield through different sowing periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2181-2189, nov.2000.

MACHADO, J.R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.9/10, p.951-958, set./out.1987.

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

MIRALLES, D.J.; FERRO, B.C.; SLAFER, G.A. Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. **Field Crops Research**, v.71, p.211-223, 2001.

MOKASHI, D.D.; JADHAV, J.D.; SHEWALE, M.R.; GAIKWAD, C.B.; PATIL, J.D. Thermal requirement of winter sorghum (*Sorghum bicolor*) under different dates of sowing. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.66, n.7, p.426-428, july.1996.

MORGAN, P.W.; GUY, L.W.; PAO, C-I. Genetic regulation of development in *Sorghum bicolor*. III. Asynchrony of thermoperiods with photoperiods promotes floral initiation. **Plant Physiology**, v.83, n.2, p.448-450, 1987.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PAUL, C.L. **Agronomia del sorgo**. Patancheru: ICRISAT, 1990. 301p.

PAULI, A.W.; STICKLER, F.C.; LAWLESS, J.R. Developmental phases of grain sorghum (*Sorghum vulgare*, Pers.) as influenced by variety, location, and planting date. **Crop Science**, v.4, n.1, p.10-13, 1964.

PEACOCK, J.M.; HEINRICH, G.M. Light and temperature responses in sorghum. In: Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics: Proceedings of the International Symposium, 1982. **Proceedings...** Patancheru: ICRISAT, p.143-158, 1984.

PUPO, N.I.H. Conservação de forragens. In:\_\_\_\_. **Manual de pastagens e forrageiras**: formação, conservação, utilização. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, cap.14, 1995. p.252-303.

REDDY, P.R.R.; DAS, N.D.; SANKAR, G.R.M.; GIRIJA, A. Genetic parameters in winter sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes associated with yield and maturity under moisture stress and normal conditions. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.66, n.11, p.661-664, nov.1996.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ, J.S.da. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.431-437, mar.2001.

SAEED, M.; FRANCIS, C.A. Yield-maturity relationship of grain sorghum in diverse environments. **Crop Science**, v.26, n.5, p.1077-1079, 1986.

SIÉ, M.; DINGKUHN, M.; WOPEREIS, M.C.S.; MIEZAN, K.M. Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment. I. Development of an empirically based model. **Field Crops Research**, v.57, p.1-13, 1998a.

SIÉ, M.; DINGKUHN, M.; WOPEREIS, M.C.S.; MIEZAN, K.M. Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment. II. Comparison of genotypes. **Field Crops Research**, v.58, p.129-140, 1998b.

TAN, D.K.Y.; BIRCH, C.J.; WEARING, A.H.; RICKERT, K.G. Predicting broccoli development I. Development is predominantly determined by temperature rather than photoperiod. **Scientia Horticulturae**, v.84, p.227-243, 2000.

TOLLENAAR, M. Duration of the grain-filling period in maize is not affected by photoperiod and incident PPFD during the vegetative phase. **Field Crops Research**, v.62, p.15-21, 1999.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

YAN, W.; WALLACE, D.H. A model of photoperiod x temperature interaction effects on plant development. **Plant Sciences**, v.15, n.1, p.63-96, 1996.

YIN, X.; KROPFF, M.J. The effect of photoperiod on interval between panicle initiation and flowering in rice. **Field Crops Research**, v.57, p.301-307, 1998.

## **CAPÍTULO II**

### **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SEMEADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O sorgo é considerado como ótima alternativa para uso na forma de grãos, forragem verde ou silagem. Dentre as vantagens que esta cultura apresenta, destaca-se o alto rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas, maior resistência aos períodos de seca e menor exigência quanto fertilidade do solo, além da possível utilização da rebrota das plantas.

Dentre os diversos tipos de sorgo cultivados no Brasil, existe grande variação no rendimento de forragem em resposta às diferentes épocas de semeadura. A performance diferenciada dos cultivares é atribuída, principalmente, as variações da temperatura e do fotoperíodo no local de cultivo, sendo influenciados pela latitude, altitude e época do ano. Ressalta-se ainda que, nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de água, associada à ocorrência de baixas temperaturas e, ou, fotoperíodos curtos são considerados limitantes ao desenvolvimento da gramínea durante o período de outono e inverno.

Os sorgos graníferos, juntamente com os cultivares de duplo propósito (grãos e forragem), possuem amplo potencial para a utilização de cultivos na safrinha, devido às suas características de rusticidade e a excelente adaptação a semeaduras de fim de verão ou princípio de outono. Acredita-se que a ampla variação, observada no rendimento dos cultivares, principalmente no período da safrinha, é atribuída não só ao seu potencial de produção, mas também as respostas às condições climáticas, principalmente a água, temperatura e fotoperíodo.

A interação cultivares x ambientes, em diferentes épocas de semeaduras, apresenta importância no processo de recomendação de cultivares, sendo necessário minimizar o seu efeito por meio da seleção de cultivares com maior estabilidade fenotípica. Para o rendimento de forragem, o fenótipo de sorgo a ser obtido depende do genótipo, do ambiente e da interação dos genótipos com os ambientes. Este último componente ocorre quando o desempenho do genótipo não é consistente nos vários ambientes e reflete em respostas distintas às mudanças ambientais.

Diferenças no comportamento do sorgo em função das épocas de cultivo foram verificadas em vários trabalhos, justificando assim a necessidade da análise por épocas de semeaduras. Apesar da busca de especificidade de cultivares, tem-se focado a preferência para cultivares com ampla adaptação a vários ambientes. Isto se deve, muitas das vezes, à indecisão dos agricultores quanto às épocas de semeadura do sorgo, nos quais antecipam ou ultrapassam a época definida pelo zoneamento agroecológico da cultura.

Além da importância da época de semeadura, a escolha correta de cultivares pode representar acréscimo no rendimento final de forragem. A ocorrência de variações climáticas, em função da época de semeadura, durante o desenvolvimento do sorgo forrageiro justifica a realização deste estudo que visa identificar cultivares de maior estabilidade de comportamento.

No Brasil, o número de informações sobre a adaptabilidade e estabilidade do sorgo é escasso. As análises de comportamento de cultivares são de extrema importância para se verificar a sua performance ao longo dos meses. Portanto, o objetivo deste trabalho é obter informações a respeito de dez cultivares de sorgo forrageiro quanto à adaptabilidade e à estabilidade de rendimento de forragem, semeados em diferentes épocas do ano.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A boa predição da adaptabilidade, estabilidade e rendimento médio são possíveis somente com a representatividade da região ou da época de cultivo. Isto permite aos melhoristas substituir um ensaio regional por formas alternativas de avaliar o desempenho de genótipos melhorados em poucos ambientes, sejam eles locais, anos ou meses (ANNICCHIARICO e MARIANI, 1996).

Um dos grandes problemas que se tem enfrentado na recomendação de cultivares é que, quando estes são postos a competir em vários ambientes, a classificação relativa entre eles pode não ser a mesma, dificultando a identificação de cultivares superiores (RIBEIRO et al., 2000). A essa variação no comportamento dos genótipos, frente às variações ambientais, dá-se o nome de interação genótipos por ambientes.

Segundo RAMALHO et al. (1993) para minimizar os efeitos da interação cultivares x ambientes e ter maior previsibilidade de comportamento de forma eficiente e racional, é necessário identificar cultivares mais estáveis e adaptados às condições específicas de ambiente. O cultivar que se sobressair dos demais deve apresentar, em diferentes condições ambientais, alta produtividade e sua superioridade deve ser estável.

A presença de interação de cultivares com ambientes ocorre quando há respostas diferenciais dos cultivares em relação à variação ambiental. Quando os cultivares apresentam falta de correlação, constata-se que determinado

cultivar pode apresentar desempenho superior em um ambiente, mas não em outro. Neste caso, levando em consideração um número maior de ambientes e de cultivares, a presença de interação sempre indicará a existência de cultivares especificamente adaptados a determinados ambientes, bem como de outros com adaptação mais ampla, porém nem sempre com alto potencial produtivo.

PRADO et al. (2001) enfatizam que a caracterização da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica é relativa ao grupo de cultivares avaliados. Sendo o rendimento expresso pelo próprio desempenho médio dos cultivares nos diferentes ensaios, não há segurança de que um cultivar manterá o mesmo comportamento quando avaliado com outros grupos de cultivares.

Sendo assim, pode-se afirmar que a época de semeadura é um dos fatores de maior importância para a obtenção de bons rendimentos e não apresenta nenhum custo adicional ao agricultor. A partir de ensaios de competição de cultivares, um grande número de informações tem sido obtido sobre o rendimento do sorgo e na determinação de épocas ótimas para o seu cultivo.

A antecipação da época de semeadura proporciona tendência de aumento do ciclo da cultura do sorgo. Nestas condições, a ocorrência de altas temperaturas associadas à baixa umidade do solo durante a semeadura, resultam em menor porcentagem de germinação das sementes. Por outro lado, o atraso até o período de chuvas proporciona adequado suprimento de água no solo para o início do processo germinativo, porém o ciclo da cultura é diminuído.

De maneira geral, grande parte dos híbridos de sorgo são cultivados no período da safrinha, posterior ao cultivo de outras culturas de verão. O sucesso no rendimento nesta época está na dependência direta das condições climáticas da região de cultivo, sendo limitado pela baixa disponibilidade de chuvas, pela capacidade de armazenamento de água no solo, pela ocorrência de baixas temperaturas durante a fase de maturação dos grãos e pela sensibilidade ao fotoperíodo do sorgo.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos envolvendo a interação épocas de semeadura e cultivares, visando selecionar os sorgos de melhor performance em determinados períodos do ano. Neste sentido, avaliando

quatro épocas de semeadura, VIANA (1977) verificou que a semeadura antecipada do sorgo (20/10) proporcionou maior rendimento de grãos em alguns cultivares testados. Por outro lado, os cultivos nos meses de janeiro e fevereiro, com semeaduras no dia 20, foram bastante inadequados para os cultivares. Resultados semelhantes foram obtidos por NAKAGAWA et al. (1978) e AVELAR e MORAIS (1986). MACHADO et al. (1987), realizando ensaios com o cultivar de sorgo sacarino Brandes, concluíram que, o atraso na época de semeadura proporcionou antecipação do ciclo das plantas. Neste estudo, o mês de novembro foi o mais adequado para o início do cultivo, podendo ser estendido do final de setembro até meados de dezembro. Após este mês, houve drástica redução na produção de colmos, e conseqüentemente, no rendimento final.

ALLEN e MUSICK (1993) observaram que a antecipação da época de cultivo (05/05), no Texas, favoreceu o híbrido de sorgo de ciclo tardio, sob adequados níveis de irrigação. Neste trabalho, a semeadura no mês de junho proporcionou maior rendimento do híbrido de ciclo médio, que também se destacou em condição de limitada disponibilidade hídrica. Pode-se perceber então que os sorgos que possuem menor ciclo são mais adequados às épocas de cultivo mais tardias, minimizando assim os efeitos adversos do ambiente. Os resultados obtidos por MARTIN e VANDERLIP (1997) também comprovam este fato. Estes autores relatam reduções no rendimento com a antecipação e o atraso na época de semeadura, em relação à época convencional de cultivo (25 de maio a 5 de junho, no Estado de Kansas - EUA), com maior decréscimo em semeaduras realizadas mais tardiamente.

Dentre os diversos métodos desenvolvidos para a caracterização de genótipos quanto à estabilidade e adaptabilidade fenotípica, podem-se destacar os de EBERHART e RUSSELL (1966) e de CRUZ et al. (1989), nos quais se baseiam na interação genótipos x ambientes e se distinguem entre si nos conceitos de estabilidade e nos princípios estatísticos empregados.

Utilizando a metodologia de CRUZ et al. (1989), vários trabalhos têm identificado cultivares de milho (CARVALHO et al., 2000a e 2000b; RIBEIRO et al., 2000 e CARVALHO et al., 2001), milho-pipoca (VENDRUSCOLO et al., 2001) e trigo (FELICIO et al., 1999) adaptados a ambientes favoráveis e desfavoráveis, aliado à alta previsibilidade. LOPES et al. (2001) também

observaram os mesmos efeitos utilizando metodologia semelhante à de CRUZ et al. (1989).

A avaliação da estabilidade, baseada no desvio da regressão, é criticada por LIN et al. (1986) citados por PRADO et al. (2001), no qual destacam que o desvio da regressão serve para indicar o ajuste dos dados à equação obtida, ao invés de maior ou menor estabilidade dos cultivares. Acrescentam ainda que a baixa adaptação, representada por  $\sigma^2$  grande ou coeficiente de determinação pequeno, deva ser interpretado como indicativo de que o uso do modelo de regressão para estimar a estabilidade não é apropriado e que outras alternativas devam ser investigadas.

Sendo assim, propõe-se neste trabalho empregar o método da decomposição da estatística de LIN e BINNS (1988) proposto por CARNEIRO (1998). Neste método, a performance genotípica é estimada por uma única estatística ( $P_i$ ), denominada MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento). Esta estatística relaciona o quadrado médio da distância entre a média do cultivar e a resposta média máxima do melhor cultivar para todas as épocas. Desde que a resposta máxima esteja no limite superior em cada época, seja favorável ou não ao desenvolvimento dos cultivares, o quadrado médio menor indicará uma superioridade do cultivar em questão, representando assim maior adaptabilidade e estabilidade de comportamento. A partir dos valores de  $P_i$  obtidos, realiza-se a classificação dos cultivares quanto à sua performance.

Considerando as inúmeras variações ambientais que a cultura do sorgo é comumente submetida nas diferentes regiões do Brasil, principalmente no que diz respeito às épocas de semeaduras, é esperado que a interação genótipo por ambientes assuma papel fundamental na manifestação fenotípica dos cultivares. Desta forma, esta interação deve ser estimada e considerada na recomendação de cultivares.

Portanto, percebe-se que existe carência de informações a respeito da produtividade e do comportamento dos cultivares de sorgo em diferentes épocas do ano em resposta às condições termo-fotoperiódicas. Através da realização de semeaduras em diferentes meses do ano, em condição de campo, espera-se obter informações a respeito do comportamento dos sorgos forrageiros às diferentes condições de fotoperíodo e de temperatura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do experimento

O ensaio foi instalado no município de Coimbra (MG), situado a 20°51' de latitude Sul e 42°46' de longitude W.Gr., localizado a 720 metros de altitude, no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o ano agrícola 1999/2000. Os valores médios, por decêndio, do fotoperíodo, da temperatura média e da precipitação no período em que o ensaio foi conduzido, encontram-se na Figura 1. Os valores de temperatura, precipitação e radiação solar foram obtidos a partir de uma estação climatológica instalada no Campo Experimental. Os fotoperíodos diários foram calculados com base na latitude e nos dias do ano, segundo metodologia proposta por OMETTO (1981).

Os resultados das análises químicas do solo onde foram instalados os ensaios, com os respectivos níveis dos elementos (alto (A), médio (M) e baixo (B)), segundo TOMÉ JÚNIOR (1997), são: pH: 4,70 (A); Al: 0,40 (B); H + Al: 5,07; Ca: 1,35 (B) e Mg: 0,38 (B), expressos em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , exceto para pH; Na: 6,0; K: 68,0 (M) e P: 16,82 (A), expressos em  $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ ; Soma de Bases: 1,93; CTC efetiva: 2,32 e CTC Total: 7,00, expressas em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ; v: 27,6 e m: 17,0 (M), expressas em %.

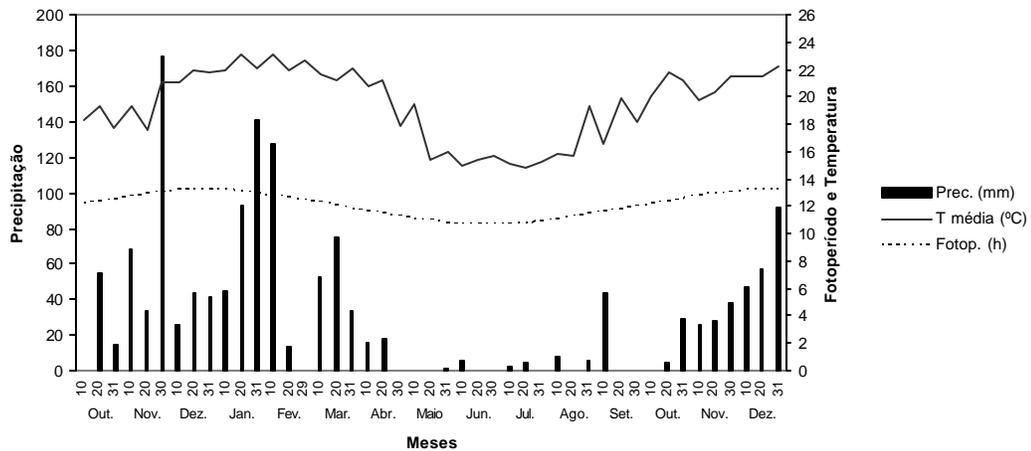


Figura 1 – Variação do fotoperíodo, da temperatura média do ar e da precipitação pluvial, por decêndio, de outubro de 1999 a dezembro de 2000, Coimbra (MG).

Os cultivares utilizados foram: sorgos forrageiros: AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 e BR 700; sorgos de duplo propósito: AG 2005E e Massa 03 e sorgos de corte e pastejo: AG 2501C e BRS 800. Um conjunto de oito ensaios foi utilizado, sendo iniciado na primeira quinzena dos meses de outubro a maio, a partir de outubro de 1999.

Foram adotados, em cada época de semeadura, o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas, espaçadas de 0,7 m entre si e com 5,0 m de comprimento. Considerou-se como área útil as duas fileiras centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto, 5,6 m<sup>2</sup>. O desbaste foi realizado aos 20 dias após a emergência das plântulas, deixando-se 11 plantas por metro linear para todos os cultivares (aproximadamente 157.143 plantas por hectare).

As adubações seguiram as recomendações feitas pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999). De acordo com a análise química do solo, foi necessária a aplicação de calcário. Assim, três meses antes de efetuar a primeira semeadura, aplicou-se em toda a área experimental, o equivalente a 1,93 t/ha de calcário dolomítico, com PRNT de 76%. Na semeadura de cada ensaio, foi utilizado o equivalente a 500 kg/ha da

formulação 04-14-08. Aos 30 e 45 dias após a emergência das plântulas, foi realizada a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

O corte das plantas, em todos os cultivares, foi realizado rente ao solo quando os grãos atingiram o estágio de grãos farináceos, pois representa a melhor época para efetuar o corte do sorgo para ensilagem (FARIA, 1986 e PUPO, 1995). Segundo estes autores, nesse estágio as plantas apresentam de 30 a 35% de matéria seca, teores considerados adequados quando o objetivo principal é a produção de silagem. As datas de semeadura, germinação e cortes das plantas, em todos os tratamentos, estão apresentadas na Tabela 1A. As parcelas foram mantidas livres de invasoras sendo realizadas, em média, duas capinas manuais com enxadas para cada época de semeadura. Foi realizada também a irrigação de todo o ensaio, quando necessário, para que os tratamentos não fossem afetados por déficits hídricos. Não foram observados problemas com pragas que pudessem comprometer a produção.

### **3.2. Características avaliadas**

Neste estudo, foram determinadas as seguintes características:

- a) Rendimento de matéria verde:** determinado por pesagem de todas as plantas da área útil das parcelas logo após o corte, utilizando balança tipo dinamômetro, com precisão de 100 g. Posteriormente, realizou-se a conversão dos dados para kg/ha.
  
- b) Rendimento de matéria seca:** determinado a partir de uma amostra de massa verde de 10 plantas da área útil da parcela, que foram picadas e homogeneizadas. Deste material, foi retirada uma subamostra, de aproximadamente 300 g, para a determinação da porcentagem de matéria seca presente na forragem colhida. Nesta determinação, utilizou-se uma estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até a amostra atingir peso constante. Posteriormente, os dados foram transformados em kg/ha.

**c) Rendimento de proteína bruta:** para esta determinação, foi utilizada a mesma amostra usada na determinação da matéria seca, utilizando-se o método de Kjeldahl para a determinação do nitrogênio total. Posteriormente, converteu os resultados para proteína bruta e efetuou-se o produto do valor obtido com o rendimento de matéria seca, obtendo desta forma, o rendimento de proteína bruta.

### **3.3. Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas para as características citadas anteriormente. Inicialmente, efetuou-se a análise de variância para cada época de semeadura. Cada ensaio foi considerado como um ambiente, uma vez que foi conduzido em diferentes meses do ano sob diferentes condições climáticas. Posteriormente realizou-se a análise conjunta para as oito épocas de semeadura em cada característica, observando a homogeneidade dos quadrados médios residuais, proposto por GOMES (1990). Todas as fontes de variação, exceto o erro, foram consideradas de efeito fixo.

O método de análise de estabilidade e adaptabilidade de LIN e BINNS (1988) foi adotado em substituição aos que utilizam análises de regressão linear simples, pelos motivos apresentados por HUEHN (1990) citado por VILHEGAS et al. (2001). O uso de medidas não paramétricas reduz ou evita a tendenciosidade, causada por pontos completamente fora da equação de regressão ajustada e dispensa qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos. Além disto, essas medidas são de fácil utilização e interpretação, não apresentando grandes variações nas estimativas, como ocorreria com os métodos paramétricos de estimação de estabilidade.

Pelo método proposto por LIN e BINNS (1988), utiliza-se a estatística  $P_i$ , denominada de MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), que é obtida pelo quadrado médio da distância entre a média do cultivar e a resposta média máxima, para todos os ambientes. Sendo assim, a estatística  $P_i$  tem propriedade de variância, ou seja, pondera pelos desvios de comportamento dos cultivares ao longo dos ambientes e ainda, considera a

estabilidade de comportamento. Uma vez que a resposta máxima esteja no limite superior em cada ambiente, o quadrado médio menor indicará a superioridade geral do cultivar em questão. A medida de  $P_i$  é dada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n},$$

em que

$P_i$ : estimativa da estatística de estabilidade do cultivar  $i$ ;

$Y_{ij}$ : valor observado do  $i$ -ésimo cultivar no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : resposta máxima observada entre todos os cultivares no ambiente  $j$ ;

$n$ : número de ambientes.

Para que a recomendação de cultivares de sorgo atenda ao conceito de grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, que refletem ambientes onde há condições adequadas e inadequadas ao desenvolvimento das plantas, respectivamente, faz-se necessário à decomposição do estimador ( $P_i$ ) nas partes devida a ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e desfavoráveis ( $P_{id}$ ). Neste sentido realizou-se, como sugere CARNEIRO (1998), a classificação destes com base nos índices ambientais, definindo-os como a diferença entre a média dos cultivares avaliados em cada ambiente e a média geral dos ensaios.

Para os ambientes favoráveis, com índices maiores ou iguais a zero, a estatística da MAEC ( $P_i$ ) é estimada por:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f},$$

em que

$f$ : número de ambientes favoráveis.

Para os ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, tem-se a seguinte expressão:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d},$$

em que

$d$ : número de ambientes desfavoráveis.

### 3.4. Método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação

Dentre as metodologias empregadas para a análise de adaptabilidade e estabilidade, CARNEIRO (1998) destaca o método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação. Esta metodologia apresenta a vantagem de ser mais adequada na avaliação da performance genotípica e na obtenção da estimativa das estatísticas de adaptabilidade e estabilidade de comportamento, facilitando a recomendação de cultivares.

Nesta metodologia, calculam-se as áreas dos trapézios com base nos pontos originais, não havendo a necessidade do ajuste de uma equação de regressão. Para a obtenção da medida de adaptabilidade e estabilidade, considera-se o desempenho de um genótipo ideal, estabelecido conforme definido por VERMA et al. (1978), e do genótipo em estudo.

A estimativa da adaptação dos cultivares, pela metodologia dos trapézios quadráticos, apresenta a vantagem de considerar a amplitude de variação dos índices ambientais, representada pela altura dos trapézios. Estes índices, quando muito próximos, são pouco discriminativos quanto à adaptação dos cultivares. A medida de adaptabilidade, relativa a um cultivar de comportamento ideal, é dada pela diferença das áreas entre os trapézios do  $i$ -ésimo cultivar e do genótipo hipotético ideal, formado pelos valores da variável em questão e dos índices ambientais.

Sendo assim, o somatório das diferenças das áreas dos trapézios, formados pelos pares de ambientes  $j$  e  $j + 1$ , entre o cultivar  $i$  e o genótipo hipotético ideal é dado por:

$$P_i = \sum_{j=1}^{n-1} \left[ \left( \frac{Y_{g(j+1)} + Y_{gj}}{2} \right) - \left( \frac{Y_{i(j+1)} + Y_{ij}}{2} \right) \right]^2 (\bar{Y}_{(j+1)} - \bar{Y}_j) f ,$$

sendo

$Y_{g(j+1)}$ : valor do cultivar hipotético ideal  $g$  no ambiente  $j + 1$ ;

$Y_{gj}$ : valor do cultivar hipotético ideal  $g$  no ambiente  $j$ ;

$Y_{i(j+1)}$ : valor do cultivar  $i$  no ambiente  $j + 1$ , ou seja, média dos cultivares no ambiente  $j + 1$ ;

$Y_{ij}$ : valor do cultivar  $i$  no ambiente  $j$ , ou seja, média dos cultivares no ambiente  $j$ ;

$\bar{Y}_{.(j+1)}$  : média dos cultivares no ambiente j + 1;

$\bar{Y}_j$  : média dos cultivares no ambiente j;

$$f = \frac{CV_j}{CVT};$$

CVj: coeficiente de variação do ambiente j;

CVT: soma dos coeficientes de variação dos j ambientes;

n: número de ambientes.

Quando se desmembra a estatística  $P_i$ , tem-se a seguinte expressão para os ambientes desfavoráveis:

$$P_{id} = \sum_{j=1}^{d-1} \left[ \left( \frac{Y_{g(j+1)} + Y_{gj}}{2} \right) - \left( \frac{Y_{i(j+1)} + Y_{ij}}{2} \right) \right]^2 (\bar{Y}_{.(j+1)} - \bar{Y}_j) f .$$

Nos ambientes favoráveis, tem -se:

$$P_{if} = \sum_{j=1}^{f-1} \left[ \left( \frac{Y_{g(j+1)} + Y_{gj}}{2} \right) - \left( \frac{Y_{i(j+1)} + Y_{ij}}{2} \right) \right]^2 (\bar{Y}_{.(j+1)} - \bar{Y}_j) f .$$

O primeiro termo das expressões tem propriedade de variância, pois está elevado ao quadrado. Portanto, pondera pelos desvios de comportamento dos cultivares de um ambiente a outro, os quais se relacionam com a estabilidade de comportamento. A estatística MAEC estimada apresenta a vantagem de ponderar pela amplitude dos índices ambientais, pois considera a dissimilaridade entre as épocas de semeaduras dos cultivares.

A estatística do método das diferenças de área dos trapézios quadráticos é multiplicada pelo fator f, definido anteriormente. Sendo assim, os meses com maior precisão experimental, representados por menores coeficientes de variação, têm maior peso na estimativa da estatística MAEC. Conseqüentemente, as menores distâncias do cultivar ideal se traduzem em melhor performance genotípica, face às variações ambientais. Portanto, a classificação dos cultivares de sorgo, para as diferentes épocas de semeadura, é feita com base nas estimativas dos  $P_i$ 's.

As análises estatísticas foram realizadas, empregando-se os recursos computacionais do Programa Genes (CRUZ, 2001).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as características avaliadas, verifica-se na Tabela 1 que a interação cultivares x ensaios foi significativa ( $P \leq 0,01$ ). Desta forma, necessita-se de um estudo mais detalhado visando identificar cultivares de sorgo de maior estabilidade fenotípica em todas as épocas de semeadura.

Uma vez constatada a presença da interação, foram estimadas as medidas de adaptabilidade e estabilidade de comportamento pelo método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação, propostos por CARNEIRO (1998).

Entre os procedimentos mais empregados em estudos de estabilidade de cultivares, estão aqueles que utilizam a regressão. Quando se adota este tipo de análise, o primeiro questionamento é se uma análise conjunta de todos os ambientes é suficiente para explicar os resultados obtidos ou se existe um subgrupo de ambientes específicos para os ambientes favoráveis e desfavoráveis em que se manifeste comportamento diferencial dos cultivares. A metodologia empregada neste trabalho, na qual segmenta a estatística  $P_i$  nestes dois ambientes, permitiu realizar este tipo de inferência.

#### 4.1. Rendimento de matéria verde

A Tabela 2 contém as estimativas do rendimento médio de matéria verde, do  $P_i$  geral, do  $P_i$  favorável e do  $P_i$  desfavorável dos cultivares de sorgo forrageiro avaliados nas diferentes épocas de semeadura. A classificação geral dos cultivares quanto a essas estatísticas, incluindo a do rendimento médio, está apresentada na Tabela 3.

Verificou-se que a metodologia dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação, para a análise da adaptabilidade e estabilidade, foi eficiente na discriminação fenotípica dos cultivares de sorgo. A criação de índices ambientais favoráveis (semeaduras de outubro a dezembro) e desfavoráveis (janeiro a maio) auxiliou na identificação das épocas que proporcionaram maiores e menores rendimentos de matéria verde, respectivamente. Os resultados obtidos nestas condições são semelhantes aos de vários autores (VIANA, 1977; NAKAGAWA et al., 1978; AVELAR e MORAIS, 1986; FERRARIS e CHARLES-EDWARDS, 1986; MACHADO et al., 1987; ALLEN e MUSIK, 1993 e MARTIN e VANDERLIP, 1997).

Quando se observa o desempenho dos cultivares nas oito épocas de semeadura (Tabela 4), verifica-se comportamento diferenciado dos materiais testados em função da resposta ao fotoperíodo e à temperatura. Na emergência das plântulas no mês de outubro, o fotoperíodo aumentou de 12,47 h/dia para 13,25 h/dia no solstício de verão (Figura 1). A partir daí, houve diminuição gradativa, atingindo o valor de 10,90 h/dia na emergência da semeadura de maio e o menor valor foi registrado no solstício de inverno (10,73 h/dia). Esta variação foi suficiente para constatar a sensibilidade fotoperiódica dos cultivares de sorgo.

Quando semeados em janeiro, os cultivares estavam sob condições de fotoperíodos indutivos (menor que 12,9 horas, segundo CRAUFURD e QI, 2001) a partir de primeiro de fevereiro (Figura 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância conjunta das características rendimento de matéria verde (RMV), matéria seca (RMS) e proteína bruta (RPB) obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Fontes de Variação	G.L	Quadrados Médios		
		RMV	RMS	RPB
<b>Blocos/Ensaio</b>	24	142.661.083,01	13.661.875,48	253.737,39
<b>Cultivares</b>	9	1.900.801.942,33**	161.635.478,00**	1.985.390,41**
<b>Ensaio</b>	7	13.886.037.505,98**	1.470.618.954,80**	7.879.599,14**
<b>Cultivares x Ensaio</b>	63	278.488.097,46**	24.952.482,53**	212.695,10**
<b>Resíduo</b>	216	15.325.850,01	4.178.378,35	86.167,86
<b>C.V.(%)</b>		11,93	17,83	25,51

\*\* Significativo a 1%; \* Significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 2 – Estimativas das médias de rendimento de matéria verde (kg/ha), P geral, P<sub>i</sub> favorável e P<sub>i</sub> desfavorável, pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação, para os cultivares de sorgo forrageiro avaliados no ano agrícola 1999/2000

Cultivares	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
<b>BR 506</b>	49.333	12.315,98	3.750,58	8.565,40
<b>AG 2002</b>	40.619	16.726,27	6.098,31	10.627,96
<b>AG 2501C</b>	37.812	21.183,12	8.668,75	12.514,37
<b>BR 602</b>	33.789	23.898,87	8.307,68	15.591,19
<b>BR 501</b>	30.128	24.158,93	7.896,59	16.262,34
<b>BRS 800</b>	28.691	28.271,42	9.725,25	18.546,17
<b>BR 601</b>	28.119	28.959,13	9.710,86	19.248,26
<b>BR 700</b>	27.213	30.724,99	13.659,36	17.065,63
<b>Massa 03</b>	28.270	31.821,15	14.247,96	17.573,19
<b>AG 2005E</b>	24.062	35.223,15	14.948,48	20.274,67

Tabela 3 – Posição relativa dos cultivares de sorgo forrageiro quanto ao rendimento de matéria verde avaliados pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação para o ano agrícola 1999/2000

Posição Relativa	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
1 <sup>o</sup>	BR 506	BR 506	BR 506	BR 506
2 <sup>o</sup>	AG 2002	AG 2002	AG 2002	AG 2002
3 <sup>o</sup>	AG 2501C	AG 2501C	BR 501	AG 2501C
4 <sup>o</sup>	BR 602	BR 602	BR 602	BR 602
5 <sup>o</sup>	BR 501	BR 501	AG 2501C	BR 501
6 <sup>o</sup>	BRS 800	BRS 800	BR 601	BR 700
7 <sup>o</sup>	Massa 03	BR 601	BRS 800	Massa 03
8 <sup>o</sup>	BR 601	BR 700	BR 700	BRS 800
9 <sup>o</sup>	BR 700	Massa 03	Massa 03	BR 601
10 <sup>o</sup>	AG 2005E	AG 2005E	AG 2005E	AG 2005E

Tabela 4 – Valores médios do rendimento de matéria verde, em kg/ha, obtidos nos ensaios de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio											Média
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio				
<b>AG 2002</b>	66.161	72.679	62.143	40.179	27.455	11.518	20.670	24.152	40.619			
<b>AG 2005E</b>	39.196	36.071	31.920	17.768	19.777	14.330	14.554	18.884	24.062			
<b>AG 2501C</b>	57.857	52.321	53.304	31.429	30.312	19.330	30.804	27.143	37.812			
<b>BR 501</b>	57.277	76.696	53.929	29.598	8.705	2.277	6.518	6.027	30.128			
<b>BR 506</b>	87.009	86.473	60.134	53.036	27.790	15.670	43.750	20.804	49.333			
<b>BR 601</b>	56.429	61.384	42.857	18.884	12.366	4.196	13.929	14.911	28.119			
<b>BR 602</b>	59.062	73.170	48.750	27.277	24.598	6.652	16.116	14.687	33.789			
<b>BR 700</b>	38.772	45.937	38.795	26.429	23.125	11.384	15.402	17.857	27.213			
<b>BRS 800</b>	59.710	46.964	42.857	19.018	14.687	9.018	17.589	19.687	28.691			
<b>Massa 03</b>	40.848	42.187	32.902	25.491	25.982	17.366	18.929	22.455	28.270			
<b>Média</b>	56.232	59.388	46.759	28.911	21.480	11.174	19.826	18.661	32.804			
<b>C.V. (%)</b>	7,36	10,80	7,79	15,48	9,23	20,85	18,31	15,64	-			
<b>Máximo Índice Ambiental</b>	87.009	86.473	62.143	53.036	30.312	19.330	43.750	27.143	-			

Sendo o sorgo uma cultura que apresenta sensibilidade ao fotoperíodo (PAULI et al., 1964; CADDEL e WEIBEL, 1971; KARANDE et al., 1996; ELLIS et al., 1997; ALAGARSWAMY et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001), os fotoperíodos indutivos proporcionaram a antecipação da diferenciação floral das plantas, determinando o número de folhas produzidas que, por sua vez, proporciona menor altura de plantas e conseqüentemente, menor rendimento de forragem. Isto fez com que as semeaduras realizadas a partir de janeiro apresentassem rendimento abaixo da média geral (ambientes desfavoráveis) (Tabela 4).

Associado aos efeitos de fotoperíodos indutivos, a diminuição da temperatura a partir de abril (Figura 1) proporcionou a redução do desenvolvimento das plantas (PEACOCK e HEINRICH, 1984; BIRCH et al., 1998; BONHOMME, 2000 e TAN et al., 2000). Conseqüentemente o rendimento de matéria verde foi afetado, sendo que os valores médios obtidos a partir da semeadura de janeiro foram menores em relação à média geral (Tabela 4).

Nota-se que o cultivar forrageiro BR 506 foi o de melhor performance para os ambientes favoráveis e desfavoráveis (menores valores de  $P_i$ 's), sendo mais bem adaptado a estes ambientes, além de apresentar o maior rendimento médio de matéria verde (49.333 kg/ha, Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos com o AG 2002 e o BR 602, sendo classificados como o segundo e o quarto entre os cultivares avaliados (Tabela 3). O sorgo de duplo propósito AG 2005E apresentou o menor rendimento médio (24.062 kg/ha, Tabela 2), sendo classificado como o de pior performance em todos os ambientes (maiores valores de  $P_i$ 's, Tabela 3). Portanto, quando um dado cultivar apresentar a mesma colocação de rendimento e de valores de  $P_i$ 's, pode-se dizer que este é de maior previsibilidade de comportamento, como ocorreu para os cultivares acima mencionados.

Neste estudo, pode-se verificar a relação entre a classificação dos cultivares de sorgo com base na média do rendimento de matéria verde e os valores de  $P_i$  geral. Os cultivares forrageiros BR 506, AG 2002, BR 602 e BR 501, acrescidos dos cultivares de corte e pastejo (AG 2501C e BRS 800) e o de duplo propósito AG 2005E apresentaram a mesma classificação dessas duas características (Tabela 3). Neste caso, a escolha com base no  $P_i$  geral é suficiente para a recomendação destes cultivares.

No entanto, constatou-se que o posicionamento relativo, levando em consideração à média do rendimento de matéria verde, não é eficiente para a escolha dos sorgos que apresentam adaptações específicas a determinados ambientes. Isto pode ser comprovado com o cultivar BR 601. Este ocupou a oitava posição no rendimento médio, a sétima em termos gerais, a sexta para ambientes favoráveis e a nona para os desfavoráveis (Tabela 3). Neste caso, a escolha do cultivar é realizada com base em sua performance no ambiente de interesse do produtor e não simplesmente na média do rendimento de todos os ambientes.

A decomposição da estatística  $P_i$  geral, em  $P_i$ 's para ambientes favoráveis e desfavoráveis, mostrou-se eficiente na discriminação dos cultivares com adaptações específicas a estes ambientes. Verificou-se para o BR 700 e o Massa 03 a elevação de duas posições para os ambientes desfavoráveis quando comparada com a recomendação geral e com a dos ambientes favoráveis (Tabela 3). Isto conferiu aos cultivares maior adaptação a essas condições. Elevação de posição semelhante foi observada para o BR 501 em ambientes favoráveis em relação aos desfavoráveis e à recomendação geral. Isto indica que este cultivar é mais adaptado a condições favoráveis. Por outro lado, a menor adaptação em ambientes favoráveis pode ser verificada pelos decréscimos de duas posições com o AG 2501C em relação à recomendação geral e aos ambientes desfavoráveis. Para o BRS 800, decréscimos também foram verificados para os ambientes favoráveis (uma posição) e desfavoráveis (duas posições) em relação à recomendação geral.

Quando se compara o rendimento médio de matéria verde dos cultivares, verifica-se que o do BR 700 foi menor que o do Massa 03, mas a classificação foi superior nas posições relativas com base no  $P_i$  geral, favorável e desfavorável (Tabela 3). Ao se analisar o rendimento médio desses cultivares em cada época de semeadura (Tabela 4), verifica-se que o BR 700 apresenta, em relação ao Massa 03, rendimentos superiores em duas (semeaduras de novembro e dezembro) das três épocas favoráveis, como demonstrado também pelo menor valor de  $P_i$  em ambientes favoráveis (Tabela 2). Contudo, o Massa 03 foi o melhor em quatro (semeaduras de fevereiro a maio) dos cinco ambientes desfavoráveis, sendo mais responsivo à melhoria do ambiente nestas condições, quando comparado ao BR 700. No entanto, este cultivar

apresentou maior adaptação. Isto fez com que o valor de  $P_i$  do Massa 03, para essas condições, fosse maior em relação ao do BR 700. Portanto, os valores obtidos levam a concluir que o BR 700 apresentou maior previsibilidade de comportamento em relação ao Massa 03, pelos menores valores de  $P_i$ 's obtidos.

As posições relativas obtidas com o cultivar Massa 03 demonstram que este foi favorecido na classificação com base na média de rendimento de matéria verde em relação às estimativas de  $R$  geral (Tabela 3). Semelhante ao observado no rendimento, esse cultivar apresentou-se melhor posicionado nos ambientes desfavoráveis quando comparado aos favoráveis e à recomendação geral. Isto evidencia que a escolha do cultivar feita com base na média de rendimento favorece os cultivares mais produtivos em condições mais debilitadas. RAMALHO et al. (1993) destacam que os cultivares podem ser adaptados a ambientes específicos e não necessariamente apresentarem altos rendimentos.

Por tudo isto, verifica-se que, para o rendimento de matéria verde, a decomposição da estatística  $P_i$  pelo método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação residual apresentou grande eficiência na discriminação dos cultivares de sorgo quanto à recomendação aos diferentes tipos de ambientes, como destacado por CARNEIRO (1998). Além do mais, esse método apresentou também maior rapidez na interpretação dos resultados, visto que foi constatada a presença de significância da interação cultivar x épocas de semeadura.

#### **4.2. Rendimento de matéria seca**

Para esta característica, as estimativas do rendimento médio de matéria seca, do  $P_i$  geral, do  $R$  favorável e do  $P_i$  desfavorável encontram-se na Tabela 5. A classificação geral dos cultivares quanto a estas estatísticas, incluindo o rendimento médio, está apresentada na Tabela 6. Nota-se que a metodologia empregada para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade de

comportamento do rendimento de matéria seca apresentou grande facilidade na recomendação dos cultivares.

Novamente, foi constatada a significância da interação cultivar x épocas de semeadura (Tabela 1), sendo verificado variação no rendimento em função as épocas adotadas (Tabela 7). Na variável em questão, a classificação dos índices ambientais foi a mesma da característica anteriormente analisada. Devido à sensibilidade fotoperiódica apresentada pelos cultivares de sorgo forrageiro, as semeaduras de outubro a dezembro foram consideradas como favoráveis e as de janeiro a maio, como desfavoráveis. Resultados semelhantes para a soja foram observados por PRADO et al. (2001), sendo que LIMA et al. (2000) ressaltam que é possível a identificação de genótipos de soja estáveis nas semeaduras de setembro a dezembro. No sorgo, FERRARIS e CHARLES-EDWARDS (1986) e MACHADO et al. (1987) observaram decréscimos no rendimento quando se atrasa a época de cultivo.

Ao observar a performance dos cultivares de sorgo na Tabela 7, verifica-se que o comportamento diferenciado é atribuído às respostas ao fotoperíodo e à temperatura. Os fotoperíodos indutivos (menor que 12,9 horas) observados a partir de primeiro de fevereiro, associado à redução da temperatura média em abril (Figura 1), proporcionaram menor rendimento de matéria seca, em relação à média geral, nas semeaduras de janeiro a maio.

A decomposição das estatísticas  $P_i$ 's pela metodologia empregada foi eficiente na escolha dos cultivares. Neste sentido, o destaque é dado para o sorgo forrageiro AG 2002, que apresentou o terceiro maior rendimento médio e a maior previsibilidade de comportamento (Tabela 6), confirmado pelo menor valor de  $P_i$  geral (Tabela 5). Esse cultivar apresentou-se como o segundo mais bem adaptado aos ambientes favoráveis e desfavoráveis (Tabela 6), possuindo comportamento semelhante no rendimento de matéria verde (Tabela 3). O sorgo de corte e pastejo AG 2501C apresentou, em relação ao AG 2002, maior rendimento médio (14.417 kg/ha, Tabela 5) possuindo a segunda classificação e também para a recomendação geral (Tabela 6). Esse cultivar foi o de melhor adaptação às condições desfavoráveis, sendo que nestes ambientes foi verificado maior rendimento em fevereiro e maio (Tabela 7). Nos ambientes favoráveis, devido ao menor valor de  $P_i$  obtido com o sorgo BR 506 (Tabela 5), este se apresentou como o mais adaptado a estas condições.

Tabela 5 – Estimativas das médias de rendimento de matéria seca (kg/ha), P geral, P<sub>i</sub> favorável e P<sub>i</sub> desfavorável, pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação, para os cultivares de sorgo forrageiro avaliados no ano agrícola 1999/2000

Cultivares	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
AG 2002	13.426	730,64	255,97	474,67
AG 2501C	14.417	743,97	316,65	427,32
BR 506	14.790	756,12	235,55	520,57
Massa 03	11.973	999,13	448,87	550,25
BR 700	11.213	1.014,91	445,63	569,28
AG 2005E	11.370	1.015,01	413,31	601,70
BR 602	10.942	1.022,32	299,11	723,22
BR 601	9.013	1.239,45	433,83	805,62
BR 501	8.256	1.259,10	385,69	873,41
BRS 800	9.243	1.310,64	481,73	828,91

Tabela 6 – Posição relativa dos cultivares de sorgo forrageiro quanto ao rendimento de matéria seca avaliados pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação para o ano agrícola 1999/2000

Posição Relativa	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
1 <sup>o</sup>	BR 506	AG 2002	BR 506	AG 2501C
2 <sup>o</sup>	AG 2501C	AG 2501C	AG 2002	AG 2002
3 <sup>o</sup>	AG 2002	BR 506	BR 602	BR 506
4 <sup>o</sup>	Massa 03	Massa 03	AG 2501C	Massa 03
5 <sup>o</sup>	AG 2005E	BR 700	BR 501	BR 700
6 <sup>o</sup>	BR 700	AG 2005E	AG 2005E	AG 2005E
7 <sup>o</sup>	BR 602	BR 602	BR 601	BR 602
8 <sup>o</sup>	BRS 800	BR 601	BR 700	BR 601
9 <sup>o</sup>	BR 601	BR 501	Massa 03	BRS 800
10 <sup>o</sup>	BR 501	BRS 800	BRS 800	BR 501

Tabela 7 – Valores médios do rendimento de matéria seca, em kg/ha, obtidos nos ensaios de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio											Média
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio				
<b>AG 2002</b>	21.223	22.664	20.480	14.839	9.879	4.626	5.811	7.887				13.426
<b>AG 2005E</b>	16.616	16.589	16.423	8.965	11.120	6.425	7.452	7.370				11.370
<b>AG 2501C</b>	22.603	18.740	19.317	13.630	14.082	6.727	9.289	10.945				14.417
<b>BR 501</b>	17.751	20.120	13.149	7.352	2.425	840	2.547	1.866				8.256
<b>BR 506</b>	30.947	23.990	16.779	13.969	7.755	5.018	13.442	6.420				14.790
<b>BR 601</b>	19.593	16.007	14.195	6.943	4.455	1.871	4.649	4.395				9.013
<b>BR 602</b>	20.806	24.775	13.147	9.767	7.321	2.452	4.668	4.596				10.942
<b>BR 700</b>	16.762	15.586	15.100	12.105	11.460	4.868	6.395	7.425				11.213
<b>BRS 800</b>	20.754	14.899	11.519	6.183	5.494	3.566	5.290	6.242				9.243
<b>Massa 03</b>	17.505	15.970	13.940	12.343	11.858	7.368	8.552	8.247				11.973
<b>Média</b>	20.456	18.934	15.405	10.610	8.585	4.376	6.810	6.539				11.464
<b>C.V. (%)</b>	12,40	17,52	13,46	20,95	18,49	21,09	19,57	19,30				-
<b>Máximo Índice Ambiental</b>	30.947	24.775	20.480	14.839	14.082	7.368	13.442	10.945				-

Para o sorgo de duplo propósito AG 2005E, constatou-se a mesma posição relativa em qualquer tipo de ambiente, o mesmo sendo verificado para a recomendação geral (Tabela 6). Posições semelhantes em ambientes favoráveis e desfavoráveis também foram obtidas com o AG 2002. Além do AG 2005E, a mesma classificação obtida na recomendação geral e nos ambientes desfavoráveis foi constatada para o BR 506, Massa 03, BR 700, BR 602 e BR 601, sendo mais adaptados nesta mesma ordem de classificação.

Para a variável matéria seca, foi constatada também a relação entre a classificação do rendimento médio e o valor do  $P_i$  geral para os cultivares AG 2501C, Massa 03 e BR 602, ocupando a segunda, quarta e sétima posição, respectivamente (Tabela 6). Neste caso, a escolha do sorgo torna-se mais adequada quando feita com base no  $P_i$  geral, envolvendo os ambientes favoráveis e desfavoráveis. No entanto, quando visa identificar a performance em ambientes favoráveis, nota-se o posicionamento diferenciado desses cultivares em relação ao rendimento médio e ao  $P_i$  geral. Desta forma, torna-se necessária a identificação dos cultivares de sorgo de melhor adaptação a tais condições.

Neste trabalho, constatou-se que o posicionamento relativo, levando em consideração a média do rendimento de matéria seca, não é eficiente para a classificação dos sorgos que apresentam adaptações específicas aos ambientes. Posicionamentos diferenciados de rendimento, de  $P_i$  geral e de  $P_i$ 's favorável e desfavorável foram observados para os cultivares forrageiros AG 2002, BR 700 e BR 601 e para o sorgo de corte e pastejo BRS 800 (Tabela 6). Neste caso, a escolha do cultivar é realizada com base em sua performance nos ambientes de interesse e não simplesmente na média de rendimento de matéria seca de todas as épocas de semeadura.

Como demonstrado, a decomposição do estimador do  $P_i$  geral em  $P_i$ 's para ambientes favoráveis e desfavoráveis mostrou-se eficiente na discriminação dos sorgos com adaptações específicas a essas condições. Para os ambientes favoráveis, constataram a elevação do posicionamento com os cultivares BR 506, BR 602, BR 501 e BR 601 em relação à recomendação geral e aos ambientes desfavoráveis (Tabela 6). Nota-se que o BR 506 foi o mais adaptado aos ambientes favoráveis e o BR 602 e BR 501 ocuparam a terceira e a quinta posições, respectivamente. Ainda nestes ambientes, o BR

601 classificou-se como o sétimo, apenas uma posição superior à recomendação geral e aos ambientes desfavoráveis. No entanto, decréscimos em ambientes favoráveis, em relação à recomendação geral e aos ambientes desfavoráveis, foram observados para os cultivares AG 2501C, BR 700 e Massa 03, sendo observadas diminuições de duas, três e cinco posições em relação à recomendação geral, respectivamente (Tabela 6). O AG 2002 também apresentou decréscimos na posição relativa nos ambientes favoráveis, porém igualmente classificado para os desfavoráveis. Nestes ambientes, a elevação de posição foi verificada para o BRS 800, sendo constatado acréscimo de apenas uma posição em relação à recomendação geral e aos ambientes favoráveis.

A comparação do rendimento de matéria seca nas épocas consideradas como favoráveis e desfavoráveis é essencial para a eleição de cultivares de sorgo mais adaptados a tais ambientes. Neste aspecto, verifica-se que o rendimento médio obtido, em todas as épocas, com o BRS 800 foi maior (9.243 kg/ha) do que o obtido com o BR 601 (9.013 kg/ha) (Tabela 5). Porém, este cultivar apresentou superioridade nas posições relativas com base no  $P_i$  geral, favorável e desfavorável (Tabela 6). Para as três épocas de semeaduras favoráveis, verifica-se que o rendimento médio do BR 601 foi superior ao do BRS 800 em novembro e dezembro (Tabela 7), proporcionando menor valor de  $P_i$  favorável em relação a este cultivar (Tabela 5). Por outro lado, o BRS 800 apresentou rendimento superior em quatro das cinco épocas consideradas desfavoráveis (semeaduras de fevereiro a maio), conferindo maior capacidade de responder a melhoria do ambiente sob tais condições. Porém, o BR 601 comportou-se como mais adaptado nessas condições, fazendo com que o valor de  $R$  fosse menor em relação ao do BRS 800. Deste modo, pode-se comprovar novamente que a metodologia empregada foi eficiente em prever o comportamento dos cultivares de sorgo, sendo que o BR 601 apresentou maior previsibilidade de comportamento em relação ao BRS 800, pelos menores valores de  $P_i$ 's obtidos.

Quando se observam as posições relativas do rendimento médio de matéria seca, verifica-se que o BRS 800 foi favorecido nesta classificação em relação às estimativas de  $P_i$  geral, sendo o pior classificado nesta estatística (Tabela 6). Semelhantemente ao observado no rendimento, esse cultivar

apresentou-se melhor posicionado em ambientes desfavoráveis (nona classificação) quando comparado aos favoráveis e à recomendação geral. Portanto, comprova-se mais uma vez que a escolha feita com base na média de rendimento favorece os cultivares mais produtivos em condições desfavoráveis. Resultados semelhantes são observados para o AG 2501C, que foi mais adaptado às condições desfavoráveis, sendo superior as demais classificações. Empregando a metodologia proposta por CRUZ et al. (1989), CARVALHO et al. (2000b) observaram que a presença de correlação significativa e positiva, entre os rendimentos médios e as estimativas de  $\hat{\alpha}_1$ , evidencia que os cultivares de milho, com melhores rendimentos, foram mais exigentes em condições desfavoráveis.

Quando se comparam os resultados de rendimento e dos valores de  $P_i$  geral de matéria verde com os de matéria seca, percebe-se que os cultivares de sorgo comportaram diferentemente. Haja vista a grande importância da obtenção de maior rendimento de matéria verde para os pequenos produtores, que possuem limitação de área para o cultivo da gramínea, a matéria seca da forragem assume importância no consumo e no desempenho dos animais. Neste aspecto, a escolha de cultivares de sorgo deve-se basear na finalidade do produtor rural.

Sendo assim, quando o objetivo é a maior produção de matéria seca na propriedade, compreendendo as semeaduras de outubro a maio, verifica-se que os sorgos de duplo propósito, Massa 03 e AG 2005E, e o cultivar forrageiro BR 700 apresentaram os maiores acréscimos na classificação do  $P_i$  geral (Tabela 6) em relação à variável rendimento de matéria verde (Tabela 3), sendo observadas elevações de cinco, quatro e três posições, respectivamente. Estes cultivares foram também os que apresentaram os maiores acréscimos na classificação do rendimento médio de matéria seca, quando comparado ao de matéria verde. Os maiores decréscimos no rendimento e nos valores de  $P_i$  foram obtidos com os sorgos BRS 800, BR 501 e BR 602.

Com base nos resultados de matéria seca obtidos, verifica-se que o referido método mostrou-se eficiente e simples quanto ao número de estatísticas utilizadas para avaliar o desempenho dos cultivares de sorgo,

apresentando as vantagens de unicidade de parâmetro estatístico, utilizado para estimar a adaptabilidade e a estabilidade de comportamento, e a simplicidade na interpretação dos resultados. Estas vantagens são também destacadas por CARBONELL et al. (2001), nos quais identificaram cultivares de feijoeiro mais estáveis e responsivos a diferentes épocas de cultivo.

#### **4.3. Rendimento de proteína bruta**

A presença da interação cultivar x épocas de semeadura foi detectada também para o rendimento de proteína bruta (Tabela 1). A classificação dos índices ambientais elegeu as semeaduras de outubro a janeiro como as favoráveis e as de fevereiro a maio, como as desfavoráveis.

Como nas características avaliadas anteriormente, percebe-se a grande facilidade na recomendação e na identificação dos melhores cultivares de sorgo em cada ambiente. Assim, as estimativas do rendimento médio de proteína bruta, dos P<sub>i</sub>'s geral, favorável e desfavorável dos cultivares avaliados nas semeaduras de outubro a maio, encontram-se na Tabela 8. As classificações gerais dessas estatísticas, acrescido do rendimento médio, estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

A decomposição das estatísticas P<sub>i</sub>'s, pelo método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação, foi eficiente na eleição dos cultivares de sorgo. Neste sentido, percebe-se que o AG 2501C destaca-se dos demais, apresentando maior rendimento médio (1.476 kg/ha) (Tabela 8) e maior previsibilidade de comportamento. Também foi o cultivar que melhor se adaptou aos ambientes favoráveis e o segundo, nos desfavoráveis (Tabela 9). O cultivar Massa 03 apresentou o segundo maior rendimento médio, apresentando também a mesma classificação para a recomendação geral. Este cultivar foi o de melhor adaptação às condições desfavoráveis, sendo que nestes ambientes, foi verificado maior rendimento nas semeaduras de fevereiro, março e abril (Tabela 10).

Tabela 8 – Estimativas das médias de rendimento de proteína bruta (kg/ha), P geral, P<sub>i</sub> favorável e P<sub>i</sub> desfavorável, pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação, para os cultivares de sorgo forrageiro avaliados no ano agrícola 1999/2000

Cultivares	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
<b>AG 2501C</b>	1.476	0,152	0,061	0,090
<b>Massa 03</b>	1.386	0,197	0,111	0,086
<b>BR 700</b>	1.349	0,214	0,100	0,114
<b>AG 2002</b>	1.310	0,222	0,098	0,125
<b>AG 2005E</b>	1.280	0,250	0,151	0,099
<b>BR 506</b>	1.090	0,322	0,113	0,208
<b>BRS 800</b>	1.020	0,347	0,154	0,193
<b>BR 602</b>	1.038	0,373	0,150	0,223
<b>BR 601</b>	830	0,445	0,202	0,243
<b>BR 501</b>	727	0,523	0,217	0,306

Tabela 9 – Posição relativa dos cultivares de sorgo forrageiro quanto ao rendimento de proteína bruta avaliados pelo método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação para o ano agrícola 1999/2000

Posição Relativa	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> favorável	P <sub>i</sub> desfavorável
1 <sup>o</sup>	AG 2501C	AG 2501C	AG 2501C	Massa 03
2 <sup>o</sup>	Massa 03	Massa 03	AG 2002	AG 2501C
3 <sup>o</sup>	BR 700	BR 700	BR 700	AG 2005E
4 <sup>o</sup>	AG 2002	AG 2002	Massa 03	BR 700
5 <sup>o</sup>	AG 2005E	AG 2005E	BR 506	AG 2002
6 <sup>o</sup>	BR 506	BR 506	BR 602	BRS 800
7 <sup>o</sup>	BR 602	BRS 800	AG 2005E	BR 506
8 <sup>o</sup>	BRS 800	BR 602	BRS 800	BR 602
9 <sup>o</sup>	BR 601	BR 601	BR 601	BR 601
10 <sup>o</sup>	BR 501	BR 501	BR 501	BR 501

Tabela 10 – Valores médios do rendimento de proteína bruta, em kg/ha, obtidos nos ensaios de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio											Média
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio				
<b>AG 2002</b>	1.623	1.911	1.646	1.796	1.020	733	790	959				1.310
<b>AG 2005E</b>	1.758	1.584	1.555	1.045	1.308	863	1.136	986				1.280
<b>AG 2501C</b>	2.261	1.919	1.532	1.683	1.444	787	988	1.194				1.476
<b>BR 501</b>	1.390	1.738	943	798	221	102	413	211				727
<b>BR 506</b>	1.802	1.749	1.109	1.447	476	467	1.114	558				1.090
<b>BR 601</b>	1.528	1.375	1.005	819	445	258	697	513				830
<b>BR 602</b>	1.527	2.366	772	1.268	892	348	579	552				1.038
<b>BR 700</b>	1.716	2.010	1.420	1.659	1.326	662	1.043	960				1.349
<b>BRS 800</b>	2.077	1.592	1.085	716	704	486	759	739				1.020
<b>Massa 03</b>	1.694	1.581	1.421	1.587	1.532	894	1.325	1.056				1.386
<b>Média</b>	1.738	1.783	1.249	1.282	937	560	885	773				1.151
<b>C.V.(%)</b>	16,45	27,79	26,63	26,32	21,88	26,03	22,44	24,24				-
<b>Máximo Índice Ambiental</b>	2.261	2.366	1.646	1.796	1.532	894	1.325	1.194				-

Para os sorgos forrageiros BR 501 e BR 601, constataram-se a mesma posição relativa para o rendimento de proteína bruta, para a recomendação geral e também para os ambientes favoráveis e desfavoráveis (Tabela 9). No entanto, estes cultivares se posicionaram como o décimo e o nono colocados na classificação geral, respectivamente, sendo eleitos os de pior performance.

Novamente verificou-se a elevada concordância entre a classificação dos cultivares com base na média de rendimento e na recomendação a partir da estimativa do  $P_i$  geral. Além dos dois cultivares citados anteriormente, destacam-se os sorgos AG 2501C, Massa 03, BR 700, AG 2002, AG 2005E e BR 506 (Tabela 9). Neste caso, a recomendação torna-se mais adequada quando feita com base no  $P_i$  geral, que envolve os ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Quando o objetivo é o de identificar a performance dos cultivares nesses ambientes, nota-se que o posicionamento obtido no rendimento médio pode diferir em relação aos dos  $P_i$ 's. Nesta situação, é necessária a identificação dos cultivares de melhor adaptação a tais condições. Para a variável proteína bruta, este fato foi constatado para o BR 602, cujo posicionamento relativo do rendimento médio (sétimo colocado) diferiu dos valores dos  $P_i$ 's obtidos (Tabela 9).

Semelhante ao observado, nas características anteriormente analisadas, a decomposição da estatística de  $P_i$  geral em  $P_i$ 's para ambientes favoráveis e desfavoráveis mostrou-se eficiente na discriminação dos cultivares com adaptações específicas a essas condições. Para os ambientes favoráveis, constataram a elevação de posição do AG 2002, BR 506 e BR 602 quando comparado com a recomendação geral e aos ambientes desfavoráveis (Tabela 9), ocupando a segunda, a quinta e a sexta posição, respectivamente. Isto demonstra a maior adaptação desses cultivares aos ambientes favoráveis para a produção de proteína bruta. Por outro lado, decréscimos foram constatados com os cultivares Massa 03, AG 2005E e BRS 800, confirmando a menor adaptação a esses ambientes. Em condições desfavoráveis, decréscimos em relação à recomendação geral e aos ambientes favoráveis foram verificados com os cultivares AG 2501C, BR 700, AG 2002 e BR 506, apresentando menor adaptação às condições desfavoráveis.

A comparação do rendimento de proteína bruta nas épocas de semeaduras consideradas como ambientes favoráveis e desfavoráveis é essencial para a eleição de cultivares de sorgo mais adaptados a tais condições. Neste aspecto, verifica-se que o rendimento médio obtido com o BR 602 foi maior (1.038 kg/ha) que o do BRS 800 (1.020 kg/ha) (Tabela 8). Além do mais, esse cultivar apresentou superioridade na posição relativa aos ambientes favoráveis, ocupando a sexta posição, sendo o oposto verificado para o BRS 800 para as condições desfavoráveis (Tabela 9). Em três das quatro épocas consideradas como desfavoráveis (semeaduras de fevereiro a maio), verificou-se que o rendimento do BRS 800 foi superior ao do BR 602 de março a maio (Tabela 10). Isto indica maior adaptação desse cultivar a esses ambientes, comprovado também pelo menor valor de  $P_i$  em relação ao BR 602 (Tabela 8).

Os resultados de proteína bruta confirmam mais uma vez que a escolha feita com base na média de rendimento favorece os cultivares mais produtivos em condições desfavoráveis. Isto pode ser comprovado com os sorgos Massa 03, AG 2005E e BRS 800. Quando se observam as posições relativas do rendimento médio destes cultivares, verifica-se que os mesmos foram favorecidos nos ambientes desfavoráveis, ocupando posição superior em relação às estimativas de rendimento médio, do  $P_i$  geral e do  $P$  para ambientes favoráveis (Tabela 9). Isto demonstra a maior adaptação desses cultivares aos ambientes desfavoráveis.

O maior rendimento de proteína bruta obtido com cultivares de sorgo proporciona maior desempenho dos animais para os produtores que empregam alta tecnologia em sua propriedade. Neste aspecto, quando se comparam os rendimentos de proteína com os de matéria seca, nota-se que alguns cultivares apresentaram classificações diferenciadas de rendimento e de valores de  $P_i$  geral.

Neste contexto, quando o objetivo é a maior produção de proteína bruta na propriedade em semeaduras de outubro a maio, verifica-se que os cultivares AG 2501C, Massa 03, BR 700, AG 2005E e BRS 800 apresentaram acréscimos na classificação do  $P_i$  geral quando comparado aos valores de  $P_i$  geral da variável matéria seca (Tabelas 9 e 6, respectivamente). Os três primeiros cultivares apresentaram também acréscimos na classificação do

rendimento de proteína bruta. Estes acréscimos, na classificação do rendimento e de  $P_i$  geral, são atribuídos ao fato de que esses cultivares apresentam maior percentagem de proteína bruta na forragem, proporcionando maior rendimento. Os maiores decréscimos na classificação do rendimento e de  $P_i$  geral foram obtidos com os sorgos BR 506 e AG 2002 (Tabela 9).

Com base nos resultados de proteína bruta, verifica-se novamente que o método da decomposição da estatística de  $P_i$  pelo método dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação residual apresentou eficiência na escolha de cultivares de sorgo quanto à recomendação aos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Além disto, o método em questão apresentou maior rapidez na interpretação dos resultados. A metodologia proposta por CARNEIRO (1998) apresenta ainda a vantagem de não necessitar de qualquer hipótese sobre a distribuição dos dados, sendo que a estimativa dos valores de  $P_i$ , quando ponderada pela precisão dos ensaios, elimina ou reduz os efeitos indesejáveis da ocorrência de heterogeneidade da variância residual.

## 5. CONCLUSÕES

1. A decomposição do  $P_i$  geral em  $P_i$ 's para ambientes favoráveis e desfavoráveis, utilizando a metodologia dos trapézios quadráticos ponderados pelo coeficiente de variação, demonstrou eficiência na escolha dos cultivares de sorgo com adaptação a ambientes específicos.
2. Para todas as características analisadas, foram constatadas concordâncias na classificação dos cultivares entre o rendimento médio e a estimativa de  $P_i$  geral.
3. No rendimento de matéria verde e de matéria seca, as semeaduras de outubro a dezembro proporcionaram rendimentos superiores em relação à média geral. Para a proteína bruta, este fato foi verificado também com o mês de janeiro.
4. Para o rendimento de matéria verde, os cultivares BR 506 e AG 2002 foram os que se destacaram na classificação do rendimento médio, na previsibilidade de comportamento e na adaptação aos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

5. O AG 2002 e o AG 2501C apresentaram maior previsibilidade de comportamento para o rendimento de matéria seca e maior adaptação às condições desfavoráveis. Os cultivares BR 506 e o AG 2002 foram os mais adaptados aos ambientes favoráveis. Em relação ao rendimento de matéria verde, constataram-se maiores acréscimos na classificação de  $P_i$  geral e no rendimento para o Massa 03, AG 2005E e BR 700.
  
6. O AG 2501C e o Massa 03 se destacaram no rendimento médio de proteína bruta, na previsibilidade de comportamento e na adaptação aos ambientes desfavoráveis. O AG 2501C foi eleito ainda como o mais adaptado às condições favoráveis. Acrescido do BR 700, estes foram os que apresentaram maiores acréscimos na classificação de rendimento em relação à variável matéria seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGARSWAMY, G.; REDDY, D.M.; SWAMINATHAN, G. Durations of the photoperiod-sensitive and insensitive phases of time to panicle initiation in sorghum. **Field Crops Research**, v.55, n.1-2, p.1-10, jan.1998.

ALLEN, R.R.; MUSICK, J.T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, v.36, n.4, p.1123-1129, july-aug.1993.

ANNICCHIARICO, P.; MARIANI, G. Prediction of adaptability and yield stability of durum wheat genotypes from yield response in normal and artificially drought-stressed conditions. **Field Crops Research**, v.46, p.71-80, 1996.

AVELAR, B.C.; MORAIS, A.R. Influência das épocas de plantio na cultura do sorgo granífero em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.10, p.1055-1065, out.1986.

BIRCH, C.J.; HAMMER, G.L.; RICKERT, K.G. Temperature and photoperiod sensitivity of development in five cultivars of maize (*Zea mays* L.) from emergence to tassel initiation. **Field Crops Research**, v.55, p.93-107, 1998.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, v.13, p.1-10, 2000.

CADDEL, J.L.; WEIBEL., D.E. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. **Agronomy Journal**, v.63, p.799-803, sep./oct.1971.

CARBONELL, S.A.M.; AZEVEDO FILHO, J.A.de.; DIAS, L.A.dos.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C.B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no estado de São Paulo. **Bragantia**, v.60, n.2, p.69-77, 2001.

CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento.** Viçosa: UFV, 1998. 168p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento).

CARVALHO, H.W.L.de.; LEAL, M.de.L.da.S.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.dos.; CARVALHO, B.C.L.de.; TABOSA, J.N.; LIRA, M.A.; ALBUQUERQUE, M.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.637-644, jun.2001.

CARVALHO, H.W.L.de.; LEAL, M.de.L.da.S.; SANTOS, M.X.dos.; CARDOSO, M.J.; MONTEIRO, A.A.T.; TABOSA, J.N. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1115-1123, jun.2000a.

CARVALHO, H.W.L.de.; LEAL, M.de.L.da.S.; SANTOS, M.X.dos.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, M.J.C.; CARVALHO, B.C.L.de. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1773-1781, set.2000b.

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

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

CRUZ, C.D. **Programa Genes:** aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.de.; VENCOVSKY, R. Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n.13, p.567-582, 1989.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

ELLIS, R.H.; QI, A.; CRAUFURD, P.Q.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, v.79, n.2, p.169-178, 1997.

FARIA, V.P.de. Técnicas de produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8 Piracicaba: FEALQ, 1986. **Anais...** Piracicaba, 1986. p.119-144.

FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.de.O.; MAGNO, C.de.P.dos.S.; FREITAS, J.G.de.; BORTOLETTO, N.; PETTINELLI JUNIOR, A.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Novos genótipos de *Triticum durum* L.: Rendimento, adaptabilidade e qualidade tecnológica. **Bragantia**, v.58, n.1, p.83-94, 1999.

FERRARIS, R.; CHARLES-EDWARDS, D.A. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. **Australian Journal Agriculture Research**, v.37, n.5, p.495-512, 1986.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: NOBEL. 13.ed., 1990. 466p.

KARANDE B.I.; VARSHNEYA, M.C.; NAIDU, T.R.V. Photoperiodically sensitive time interval for panicle initiation of sorghum. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.1, n.4, p.258-261, Oct./Dec.1996.

LIMA, W.F.; TOLEDO, J.F.F.de.; ARIAS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F.de. Stability of soybean yield through different sowing periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2181-2189, nov.2000.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science**, v.68, n.3, p.193-198, 1988.

LOPES, M.T.G.; VIANA, J.M.S.; LOPES, R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de famílias endogâmicas de milho, obtidos pelo método dos híbridos crípticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.483-491, mar.2001.

MACHADO, J.R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.9/10, p.951-958, set./out.1987.

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

NAKAGAWA, J.; MARCONDES, D.A.S.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, D. Estudo de épocas de semeadura de híbridos de sorgo granífero e de milho no município de São Manuel, SP. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11, Piracicaba, 1976. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1978. p.767-773.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PAULI, A.W.; STICKLER, F.C.; LAWLESS, J.R. Developmental phases of grain sorghum (*Sorghum vulgare*, Pers.) as influenced by variety, location, and planting date. **Crop Science**, v.4, n.1, p.10-13, 1964.

PEACOCK, J.M.; HEINRICH, G.M. Light and temperature responses in sorghum. In: *Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics: Proceedings of the International Symposium, 1982. Proceedings...* Patancheru: ICRISAT, p.143-158, 1984.

PRADO, E.E.do.; HIROMOTO, D.M.; GODINHO, V.de.P.C.; UTUMI, M.M.; RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.625-635, abr.2001.

PUPO, N.I.H. Conservação de forragens. In:\_\_\_\_. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1995. cap.14, p.252-303.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.dos.; ZIMMERMANN, M.J.O.de. Interação dos genótipos x ambientes. In: RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.dos.; ZIMMERMANN, M.J.O.de. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: UFG, 1993. p.131-169.

RIBEIRO, P.H.E.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2213-2222, nov.2000.

TAN, D.K.Y.; BIRCH, C.J.; WEARING, A.H.; RICKERT, K.G. Predicting broccoli development I. Development is predominantly determined by temperature rather than photoperiod. **Scientia Horticulturae**, v.84, p.227-243, 2000.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.de.; BRACCINI, A.de.L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.123-130, jan.2001.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical Application Genetic**, v.53, n.2, p.89-91, 1978.

VIANA, A.C. **Efeito de épocas e densidades de plantio sobre o comportamento de três híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** Viçosa: UFV, 1977. 31p. (Tese – Mestrado em Fitotecnia).

VILHEGAS, A.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; BRACCINI, A.de.L.; SAGRILO, E. Efeito de épocas de semeadura e estabilidade de híbridos de milho em plantios de safrinha no noroeste do Paraná. **Bragantia**, v.60, n.1, p.45-51, 2001.

### **CAPÍTULO III**

## **AVALIAÇÃO DOS CARACTERES AGRONÔMICOS DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMO-FOTOPERIÓDICAS**

### **1. INTRODUÇÃO**

Os baixos índices de produtividade da pecuária nacional podem ser atribuídos à estacionalidade da produção das pastagens, das quais se obtém bons rendimentos no período das águas (primavera-verão) e baixos rendimentos durante o período de seca (outono-inverno). No Brasil Central, o período crítico para a produção de forragens estende-se do mês de maio a setembro, sendo que nesta época, ocorre acentuada redução no crescimento e no desenvolvimento das espécies forrageiras, comprometendo assim o desempenho dos animais.

Na atividade agrícola, é natural que os agricultores armazenem o excedente de forragem, produzido durante o período de verão, para ser utilizado no período da seca. O milho é uma das forrageiras mais utilizadas para este fim, devido ao seu valor nutritivo e o rendimento satisfatório alcançado em várias regiões do país. No entanto, a sua utilização na alimentação de ruminantes é moderada, uma vez que é componente básico da alimentação humana e constituinte das rações de monogástricos.

Neste contexto, o sorgo se destaca como uma cultura promissora para a alimentação animal, pois além de não competir com produtos destinados ao consumo humano, suas características de cultivo e o seu valor nutritivo fazem com que a cultura tenha sido estudada como sucedânea a do milho, principalmente nas regiões tropicais semi-áridas. Nestas regiões, a distribuição irregular de chuvas ou a disponibilidade limitada de água em determinadas épocas do ano prejudicam, ou até mesmo, impedem o cultivo de outras gramíneas.

Mesmo havendo outras opções de cultivo, o sorgo é considerado ótima alternativa para uso na forma de grãos, forragem verde ou silagem. Dentre as vantagens, destaca-se o alto rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas, maior resistência aos períodos de seca e menor exigência quanto fertilidade do solo, além da possível utilização da rebrota das plantas.

Os cultivares graníferos, juntamente com os de duplo propósito (silagem e grãos), possuem amplo potencial para a utilização nos cultivos de safrinha, devido a excelente adaptação a semeaduras de fim de verão ou princípio de outono. Acredita-se que a ampla variação observada no rendimento dos cultivares neste período, principalmente nos cultivares forrageiros, seja atribuída não só ao seu potencial de produção, mas também as respostas às condições climáticas, principalmente a água, temperatura e fotoperíodo.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivos avaliar o rendimento de forragem e os caracteres agrônômicos de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano, na tentativa de fornecer ao agropecuarista outras opções de épocas de cultivo de sorgo, explorando ao máximo o potencial de produção dos cultivares.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Épocas de semeadura

Dentre os fatores de maior importância para a obtenção de bons rendimentos nos cultivos agrícolas, sem apresentar nenhum custo adicional ao agricultor, destaca-se a época de semeadura. A partir de ensaios de competição de cultivares, um grande número de informações tem sido obtido sobre o rendimento do sorgo e na determinação de épocas ótimas para o cultivo desta gramínea.

A antecipação da época de semeadura proporciona tendência de aumento no número de dias da semeadura à maturidade fisiológica. Neste caso, poderá ocorrer, por ocasião da semeadura, a presença de altas temperaturas associadas a baixa umidade do solo, resultando em menor germinação das sementes. Por outro lado, quando a semeadura é atrasada até o período de chuvas, haverá um adequado suprimento de água no solo para o início do processo germinativo e o ciclo da cultura, nestas condições, é diminuído. Assim, a data de semeadura é realizada em épocas que evitam períodos de excesso de chuvas e o estresse por altas temperaturas durante as fases de floração e de enchimento de grãos. Nesta ocasião, a duração do ciclo do sorgo é de fundamental importância para a obtenção de altos rendimentos da cultura.

De maneira geral, grande parte dos híbridos de sorgo são cultivados no período da safrinha, posterior ao cultivo das culturas de verão. O sucesso no rendimento nesta época está na dependência direta das condições climáticas da região de cultivo, sendo limitado pela baixa disponibilidade de chuvas e pela capacidade de armazenamento de água no solo, além da ocorrência de baixas temperaturas durante a fase de maturação dos grãos.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos envolvendo a época de semeadura e cultivares de sorgo, visando selecionar os de melhor performance em determinado período do ano. Avaliando quatro épocas de cultivo, VIANA (1977) verificou que a semeadura antecipada do sorgo (20/10) proporcionou maior rendimento de grãos em alguns cultivares testados, enquanto que as semeaduras nos meses de janeiro e fevereiro foram bastante inadequadas para a produção de grãos. Resultados semelhantes foram obtidos por NAKAGAWA et al. (1978) e AVELAR e MORAIS (1986). MACHADO et al. (1987) observaram que o atraso na época de semeadura do sorgo sacarino Brandes proporcionou a antecipação do ciclo das plantas e o menor rendimento de colmos. Neste estudo, a semeadura em novembro foi a mais adequada para o cultivo, podendo ser estendida desde o final de setembro até meados de dezembro. Após este mês, houve drástica redução na produção de colmos.

ALLEN e MUSICK (1993) observaram que, a antecipação da época de cultivo (05/05) no Texas, favoreceu o híbrido de sorgo de ciclo tardio, sob adequados níveis de irrigação. Neste trabalho, a semeadura no mês de junho proporcionou maior rendimento do híbrido de ciclo médio, que também se destacou em condição de limitada disponibilidade hídrica. Pode-se perceber então que os híbridos que possuem menor ciclo são mais adequados a épocas de cultivo mais tardias, minimizando assim os efeitos adversos do ambiente. Os resultados obtidos por MARTIN e VANDERLIP (1997) também comprovam este fato. Estes autores relatam reduções no rendimento do sorgo com a antecipação e o atraso da semeadura em relação à época convencional de cultivo (25 de maio a 5 de junho, no Estado de Kansas - EUA), com maiores decréscimos quando realizadas mais tardiamente.

## 2.2. Rendimento de forragem

Atualmente, os materiais de sorgo comercializados têm apresentado ampla variação no rendimento de forragem. As causas desta variação podem ser atribuídas a vários fatores, dentre eles as épocas de semeadura, os anos agrícolas e os locais de cultivo.

A recomendação de cultivares de sorgo para a produção de forragem ou de silagem tem sido bastante controversa. Os produtores rurais têm adotado o uso de híbridos forrageiros de porte alto, que apresentam elevado rendimento de forragem. Porém, a silagem obtida de tais cultivares está muito aquém da desejada, atribuído a baixa porcentagem de grãos e a elevada proporção de colmos na forragem ensilada (PIZZARO, 1978). Segundo GARCIA et al. (1979), os cultivares forrageiros, de elevada produtividade e qualidade, são considerados como de excelentes fontes de energia para a alimentação animal, podendo ser utilizados na forma de feno, silagem e também sob pastejo direto, permitindo o cultivo em regiões onde há escassez de água.

A literatura é vasta em abordar o rendimento do sorgo, apresentando vários resultados com diferentes variedades e híbridos. O comportamento diferencial dos cultivares foi constatado por CUMMINS et al. (1970), registrando variação de 6,7 a 17,8 t/ha de matéria seca. MATOS e PEREIRA (1975) também obtiveram rendimentos de matéria seca semelhantes, cujos valores variaram de 14,2 a 18,2 t/ha. Com o corte das plantas de sorgo no estágio de grãos pastosos, TEIXEIRA FILHO (1977) obteve rendimentos de 11,2 a 28,8 t/ha de matéria seca, sendo este último valor obtido com a variedade Santa Elisa.

Comparando o rendimento de forragem de variedades de milho e de sorgo, VALENTE (1977) observou que o sorgo Santa Elisa apresentou maior rendimento de matéria verde e de matéria seca (77,8 e 27,8 t/ha, respectivamente), sendo este valor 1,4 a 1,9 vezes superior, em média, às demais variedades. Neste ensaio, o rendimento de matéria verde e matéria seca do sorgo variaram de 48,6 a 77,8 t/ha e de 14,0 a 27,8 t/ha, respectivamente. Com o uso do sorgo Santa Elisa, semeado em 08/10, FERNANDES (1978) obteve rendimentos de 59,0 t/ha de matéria verde aos

133 dias, a 75,0 t/ha aos 217 dias. Nessa data de semeadura foi verificado o maior rendimento de matéria seca (23,5 t/ha).

Pelo fato de suportar déficits hídricos, SEIFFERT e PRATES (1978) obtiveram rendimentos de 18 e 17 t/ha de matéria seca para os cultivares de sorgo Silomaker e NK 326, respectivamente, em dois cortes realizados às plantas, superando desta forma o rendimento do milheto e do milho, que foram cortados uma única vez. No primeiro e segundo corte do sorgo, o rendimento de matéria seca dos cultivares foi de 11,12 e 6,91 t/ha e 10,63 e 6,37 t/ha, respectivamente. LISEU (1981) obteve rendimento de 17,0 t/ha aos 153 dias para o sorgo BR 601. Avaliando o desempenho de cultivares de sorgo e milho na região de Viçosa (MG), VALENTE et al. (1984) obtiveram rendimentos de 27,8 e 14,8 t/ha de matéria seca para o sorgo Santa Elisa e o milho Dekalb, respectivamente. Em ensaios nacionais, CASELA et al. (1986) destacam rendimentos de 41,7; 40,5; 38,5; 37,5; 36,9 e 36,0 t/ha de matéria verde para os cultivares Contisilo 61, BR 602, BR 501, BR 601, AG 2001 e Contisilo, respectivamente.

Comparações entre o rendimento de milho e de sorgo foram também feitos por PEREIRA (1991), constatando para os sorgos AG 2002, AG 2004E e AG 2005E, rendimentos de 18,0; 16,6 e 14,6 t/ha de matéria seca, respectivamente, não diferindo do rendimento do milho (18,6 t/ha). Em cultivos de sucessão, este mesmo autor relata que o cultivar AG 2501C, semeado em 29/03 e 25/04, apresentou rendimentos de 4,8 e 6,8 t/ha de matéria seca, respectivamente. COSTA e AZEVEDO (1996), avaliando o rendimento forrageiro dos cultivares AG 2003, Contisilo 02, BR 507 e Contisilo, obtiveram rendimentos de matéria seca de 14,4; 14,0; 13,6 e 13,4 t/ha, respectivamente. Rendimentos inferiores foram obtidos por CHAVES (1997) com semeaduras no final de fevereiro, constatando rendimentos de 11,7 a 28,7 t/ha de matéria verde e de 4,3 a 8,2 t/ha de matéria seca para os sorgos testados. SANTOS (1997) verificou variação no rendimento de cultivares de sorgo forrageiro de 32,7 a 69,0 t/ha de matéria verde e de 8,0 a 20,2 t/ha de matéria seca. SILVA et al. (2000) e REZENDE et al. (2001), trabalhando com cultivares de sorgo forrageiro, semeados na segunda quinzena de outubro, observaram variação nos rendimentos de matéria verde e matéria seca, em monocultivo, de 5,71 a 56,50 e 3,18 a 17,94 t/ha, respectivamente.

### 2.3. Relação folha, colmo e panícula

Atualmente, têm-se desenvolvido vários cultivares de sorgo forrageiro, sejam para serem utilizados na forma de silagem, grãos ou até mesmo no pastejo direto de animais. Destaca-se também que o incremento em qualidade, apresentado pela maior parte dos cultivares, é uma necessidade emergente nos sistemas intensivos de produção.

Uma série de fatores contribui para a obtenção de silagem de boa qualidade. Segundo PUPO (1995), destaca-se o teor de matéria seca, devendo-se situar entre 30 a 35%, podendo aumentar com o avanço da maturidade da planta (TEIXEIRA FILHO, 1977). O valor nutritivo das silagens de milho e de sorgo tem sido avaliado em diversos trabalhos de pesquisa, sendo de importância na performance dos animais alimentados com rações oriundas destas espécies forrageiras. A planta ideal de sorgo para ensilagem é aquela que apresenta elevada participação de grãos na forragem ensilada. Sendo assim, as proporções de folhas, colmos e panículas são de fundamental importância quando se buscam cultivares com boa qualidade de forragem, sendo que essas proporções apresentam relações com a altura de plantas.

Avaliando a proporção desses componentes da planta de sorgo em diferentes estádios, FARHOOMAND e WEDIN (1968) verificaram que, aos 60 dias de idade, o peso da matéria seca da planta era formado de 14,4% de folhas, 80,3% de colmos e 5,3% de panículas. Aos 135 dias, estes valores eram subdivididos em 12,4; 77,3 e 10,3% em folhas, colmos e panículas, respectivamente. Desta forma, verifica-se que com o avanço da maturação das plantas, há um incremento da participação da panícula na forragem colhida, o que confere melhor valor nutricional da forragem produzida.

O acúmulo de matéria seca dos componentes da planta de sorgo foi verificado também em vários trabalhos. OWEN e MOLINE (1970) atribuíram o aumento do rendimento da matéria seca, com o desenvolvimento fenológico dos cultivares forrageiros, ao incremento da matéria seca nos caules, pois os pesos das folhas e das panículas permanecem, aproximadamente, constantes. LISEU (1981) relata que a porcentagem de matéria seca do caule e da bainha aumentou dos 63 aos 108 dias após a semeadura, estabilizando

posteriormente. Este autor destaca também a participação das folhas verdes, aos 63 dias, em 57,5% da matéria seca total, decrescendo então com o avanço da maturidade das plantas. A emissão da panícula ocorreu aos 93 dias após a semeadura, com maior contribuição, na matéria seca total, aos 138 dias.

Em regiões caracterizadas por alta produção de leite, é comum o agricultor adotar o sistema de cultivo simultâneo de milho e sorgo na mesma área de cultivo. Após o corte destas espécies, as plantas de sorgo rebrotam, obtendo nova produção de forragem para o uso no período da seca. A partir destas rebrotas, oriundas da associação milho e sorgo, BEZERRA (1989) obteve proporções de 70,63 e 66,14% do peso verde total das plantas na forma de colmos e folhas, aos 84 e 98 dias, respectivamente. Para as panículas, a proporção foi de 29,37 e 33,86%, respectivamente.

Sabe-se que o rendimento forrageiro do sorgo está altamente relacionado com a altura de plantas, que por sua vez apresenta relação com as proporções de folhas, colmos e panículas na matéria seca das plantas. ZAGO (1992) ressalta que os sorgos mais altos proporcionam maiores rendimentos de matéria seca, no entanto, devido a maior porcentagem de colmos em relação às folhas e panículas, há o comprometimento do valor nutricional da forragem produzida. Os sorgos que possuem maior quantidade de grãos em relação à forragem produzida são os que proporcionam melhor qualidade de silagem (VILELLA, 1985 e TONANI, 1995). FARIA (1986) destaca a relação de 40 a 50% de grãos na matéria seca para a obtenção de silagens de boa qualidade.

A obtenção de forragem de alta qualidade é conseguida com o uso de cultivares de sorgo que apresentam alta relação de folhas:colmos e de grãos:colmos (CHAVES, 1997). Neste aspecto, torna-se importante ressaltar que a maior proporção de panículas e de folhas, ao invés de colmos, na forragem proporcionam um maior valor nutritivo do alimento produzido.

Devido ao número limitado de trabalhos com sorgo em diferentes épocas de cultivo, percebe-se que há a necessidade de se obter maiores informações a respeito da produtividade dos cultivares, bem como a avaliação da qualidade da forragem em diferentes épocas do ano. Por meio da realização de semeaduras, em diferentes meses em condições de campo, espera-se obter informações que justifiquem a variabilidade dessas características quando o sorgo é cultivado sob diferentes condições de fotoperíodo e de temperatura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do experimento

O ensaio foi instalado no município de Coimbra (MG), situado a 20°51' de latitude Sul e 42°46' de longitude W.Gr., localizado a 720 metros de altitude, no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o ano agrícola 1999/2000. Os valores médios, por decêndio, do fotoperíodo, da temperatura média e da precipitação no período em que o ensaio foi conduzido, encontram-se na Figura 1. Os valores de temperatura, precipitação e radiação solar foram obtidos a partir de uma estação climatológica instalada no Campo Experimental. Os fotoperíodos diários foram calculados com base na latitude e nos dias do ano, segundo metodologia proposta por OMETTO (1981).

Os resultados das análises químicas do solo onde foram instalados os ensaios, com os respectivos níveis dos elementos (alto (A), médio (M) e baixo (B)), segundo TOMÉ JÚNIOR (1997), são: pH: 4,70 (A); Al: 0,40 (B); H + Al: 5,07; Ca: 1,35 (B) e Mg: 0,38 (B), expressos em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , exceto para pH; Na: 6,0; K: 68,0 (M) e P: 16,82 (A), expressos em  $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ ; Soma de Bases: 1,93; CTC efetiva: 2,32 e CTC Total: 7,00, expressas em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ; v: 27,6 e m: 17,0 (M), expressas em %.

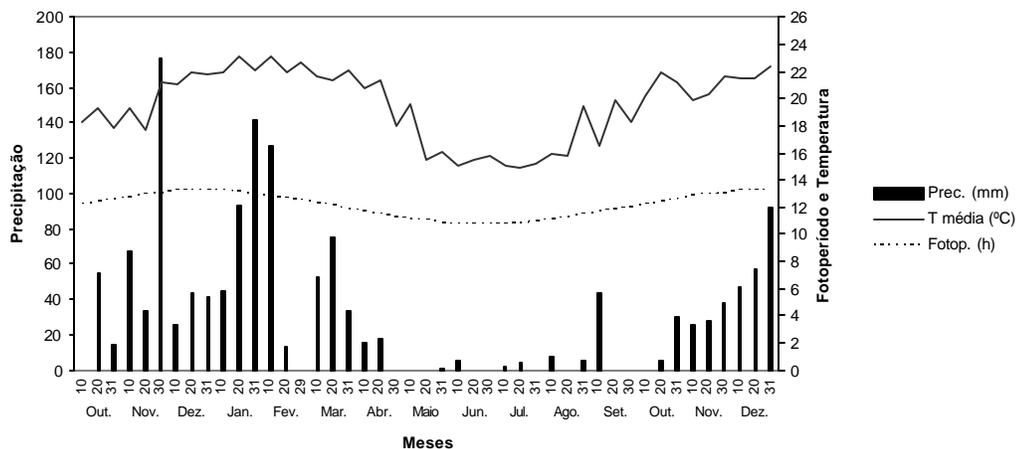


Figura 1 – Variação do fotoperíodo, da temperatura média do ar e da precipitação pluvial, por decêndio, de outubro de 1999 a dezembro de 2000, Coimbra (MG).

Os cultivares utilizados foram: sorgos forrageiros: AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 e BR 700; sorgos de duplo propósito: AG 2005E e Massa 03 e sorgos de corte e pastejo: AG 2501C e BRS 800. Um conjunto de oito ensaios foi utilizado, sendo iniciado na primeira quinzena dos meses de outubro a maio, a partir de outubro de 1999. Três datas de semeaduras foram realizadas antes do solstício de verão e deste modo as plântulas emergiram sob fotoperíodos crescentes. Porém, as demais datas de semeaduras foram feitas após este solstício, fazendo com que as plântulas emergissem em fotoperíodos decrescentes.

Foram adotados, em cada época de semeadura, o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas, espaçadas de 0,7 m entre si e com 5,0 m de comprimento. Considerou-se como área útil as duas fileiras centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto, 5,6 m<sup>2</sup>. O desbaste foi realizado aos 20 dias após a emergência das plântulas, deixando-se 11 plantas por metro linear para todos os cultivares (aproximadamente 157.143 plantas por hectare).

As adubações seguiram as recomendações feitas pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999). De acordo

com a análise química do solo, foi necessária a aplicação de calcário. Assim, três meses antes de efetuar a primeira semeadura, aplicou-se em toda a área experimental, o equivalente a 1,93 t/ha de calcário dolomítico, com PRNT de 76%. Na semeadura de cada ensaio, foi utilizado o equivalente a 500 kg/ha da formulação 04-14-08. Aos 30 e 45 dias após a emergência das plântulas, foi realizada a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

O corte das plantas, em todos os cultivares, foi realizado rente ao solo quando os grãos atingiram o estágio de grãos farináceos, pois representa a melhor época para efetuar o corte do sorgo para ensilagem (FARIA, 1986 e PUPO, 1995). Segundo estes autores, nesse estágio as plantas apresentam de 30 a 35% de matéria seca, teores considerados adequados quando o objetivo principal é a produção de silagem. As datas de semeadura, germinação e cortes das plantas, em todos os tratamentos, estão apresentadas na Tabela 1A. As parcelas foram mantidas livres de invasoras sendo realizadas, em média, duas capinas manuais com enxadas para cada época de semeadura. Foi realizada também a irrigação de todo o ensaio, quando necessário, para que os tratamentos não fossem afetados por déficits hídricos. Não foram observados problemas com pragas que pudessem comprometer a produção.

### **3.2. Características avaliadas**

Foram determinadas as seguintes características:

- a) Rendimento de matéria verde:** determinado por pesagem de todas as plantas da área útil das parcelas, logo após realizar o corte, utilizando balança tipo dinamômetro, com precisão de 100 g. Posteriormente, efetuou-se a conversão dos dados para kg/ha.
  
- b) Rendimento de matéria seca:** determinado a partir de uma amostra de matéria verde de 10 plantas da área útil da parcela, que foram picadas e homogeneizadas. Deste material, foi retirada uma subamostra, de aproximadamente 300 g, para a determinação da porcentagem de matéria

seca presente na forragem colhida. Nesta determinação, utilizou-se uma estufa de circulação forçada, à temperatura de 65°C, até a amostra atingir peso constante. Posteriormente, os dados foram transformados para rendimento de matéria seca e depois convertidos em kg/ha.

- c) **Rendimento de proteína bruta:** para esta determinação, foi utilizada a mesma amostra usada na determinação da matéria seca, utilizando-se o método de Kjeldahl para a quantificação do nitrogênio total. Posteriormente, transformaram-se os resultados para porcentagem de proteína bruta e efetuou-se o produto, do valor obtido com o rendimento de matéria seca, obtendo-se desta forma, o rendimento em kg/ha.
  
- d) **Altura de plantas:** foi determinada a altura média de cinco plantas da área útil da parcela, em metros, medindo-se do colo até a extremidade da panícula.
  
- e) **Número de nós:** determinado pela contagem direta do número de nós do caule, desde a base até a inserção da folha bandeira.
  
- f) **Porcentagem de folhas, colmos e panículas:** após a determinação do rendimento de matéria verde, foi realizada uma amostragem de três plantas da área útil de cada parcela. Determinou-se o peso da matéria seca dos componentes das plantas, empregando a mesma metodologia utilizada para a determinação do rendimento de matéria seca. Sendo assim, em cada cultivar, foram obtidas as porcentagens de cada componente em relação à matéria seca total da planta.

### 3.3. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas para todas as características citadas anteriormente. Inicialmente, efetuou-se a análise de variância para cada época de semeadura, sendo realizada posteriormente a análise conjunta,

a fim de determinar o efeito de cada época de semeadura. Esta análise foi realizada quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual dos ensaios foi igual ou menor que sete (GOMES, 1990).

Para o agrupamento dos tratamentos, foi efetuado o teste de Scott-Knott. Este teste baseia-se no agrupamento das médias de tratamentos homogêneos, sem haver a sua sobreposição (GATES e BILBRO, 1978).

Quando se considerou o cultivo em diferentes épocas, o seguinte modelo estatístico foi adotado, onde todas as fontes de variação, exceto o erro, foram consideradas de efeito fixo:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + E_j + CE_{ij} + B/E_{kj} + \mathbf{e}_{ijk} ,$$

sendo

$Y_{ijk}$  : valor observado para a variável aleatória em estudo referente ao i-ésimo cultivar, na j-ésima época e na k-ésima repetição;

$\mu$  : média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

$C_i$  : efeito do cultivar i no valor observado  $Y_{ijk}$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 10$ ;

$E_j$  : efeito da época de semeadura j no valor observado  $Y_{ijk}$ , sendo  $j = 1, 2, \dots, 8$ ;

$CE_{ij}$  : efeito da interação do i-ésimo nível do cultivar i com o j-ésimo nível da época j, no valor observado  $Y_{ijk}$ ;

$B/E_{kj}$  : efeito do k-ésimo bloco k dentro da j-ésima época j na observação  $Y_{ijk}$ , sendo  $k = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$\mathbf{e}_{ijk}$  : erro experimental, associado à observação  $Y_{ijk}$ .

Para a análise individual dos ensaios, empregou-se o modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + C_i + B_k + \mathbf{e}_{ik}$$

sendo

$Y_{ik}$  : valor observado para a variável aleatória em estudo referente ao cultivar i e à repetição k;

$\mu$  : média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

$C_i$  : efeito do cultivar i no valor observado  $Y_{ik}$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 10$ ;

$B_k$  : efeito do bloco k na observação  $Y_{ik}$ , sendo  $k = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$\mathbf{e}_{ik}$  : erro experimental associado à observação  $Y_{ik}$ .

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resumos das análises de variância conjunta dos dados de rendimento de matéria verde, matéria seca e proteína bruta, altura de plantas, número de nós e porcentagens de folhas, colmos e panículas na matéria seca das plantas encontram-se apresentados na Tabela 1. Os valores médios destas características estão apresentados nas Tabelas de 2 a 9, respectivamente. Para as variáveis de rendimento, a semeadura de novembro apresentou quadrado médio residual discrepante dos demais, conforme metodologia proposta por GOMES (1990) para efetuar a análise conjunta sendo, desta forma, avaliada isoladamente das demais épocas.

### **4.1. Rendimento de matéria verde**

Sabe-se que a cultura do sorgo apresenta variação no rendimento de forragem em função das épocas de cultivo, sendo necessária a análise do comportamento dos cultivares por épocas de semeaduras para se efetuar a recomendação adequada. A produção de forragem do sorgo é dependente do genótipo, do ambiente e da interação dos genótipos por ambientes. Esta interação apresenta importância na recomendação de cultivares, sendo

necessária a identificação dos que possuem elevado rendimento e maior estabilidade fenotípica. A escolha adequada do sorgo e da época de semeadura pode representar acréscimo substancial para o produtor quando o objetivo principal é a produção de forragem.

Para o rendimento de matéria verde, pode-se observar o efeito ( $P \leq 0,01$ ) para todas as fontes de variação (Tabela 1). Uma vez constatada a significância da interação cultivar x ensaios, foram realizados os desmembramentos para identificar os efeitos das épocas de semeaduras em cada cultivar e vice-versa.

Em função da variação da temperatura e do fotoperíodo durante a condução dos ensaios, pode-se constatar o desempenho diferenciado dos cultivares nas oito épocas de semeaduras quanto ao rendimento de matéria verde. Entre a emergência das plântulas no mês de outubro até o solstício de verão, o fotoperíodo aumentou de 12,47 h/dia a 13,25 h/dia (Figura 1). Posteriormente, houve diminuição gradativa, atingindo o menor valor no solstício de inverno (10,73 h/dia). Sendo assim, esta variação entre as épocas de semeaduras foi suficiente para constatar a sensibilidade ao fotoperíodo do sorgo, como destacado por outros autores (PAULI et al., 1964; CADDEL e WEIBEL, 1971; KARANDE et al., 1996; ELLIS et al., 1997; ALAGARSWAMY et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001) e justificar assim a variabilidade existente na produção de forragem dos cultivares utilizados.

Todos os tratamentos em todas as épocas de semeadura foram irrigados. Quando não se dispõe desta técnica, é necessário que o agricultor planeje cuidadosamente a época de cultivo do sorgo a fim de não submeter a cultura a períodos de escassez de água (HAMMER e MUCHOW, 1994 e MUCHOW et al., 1994) não prejudicando assim o desenvolvimento fenológico das plantas (DONATELLI et al., 1992; CRAUFURD et al., 1993; WADE et al., 1994 e BELLO, 1997) e os rendimentos de forragem (FRIBOURG et al., 1976) e de grãos (CRAUFURD e PEACOCK, 1993 e OLUFAYO et al., 1997). ALLEN e MUSICK (1993) destacam que o cultivo do sorgo efetuado sob adequados níveis de irrigação proporcionam bons rendimentos, independente do ciclo do cultivar.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância conjunta das características rendimento de matéria verde (RMV), matéria seca (RMS), proteína bruta (RPB), altura de planta (AP), número de nós (NN) e porcentagem de folha (FOL), caule (CAU) e panicula (PAN) obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						GL	Quadrados Médios			
		RMV	RMS	RPB	NN	AP	FOL		CAU	PAN		
<b>Blocos/ Ensaio</b>	21	30.356.495,24	6.869.198,10	101.721,48	0,71	24	0,05	4,71	28,61	31,54		
<b>Cultivares</b>	9	1.443.033.000,00**	159.779.900,00**	2.164.468,00**	10,61*	9	4,00**	305,13**	2.501,65**	1.576,90**		
<b>Ensaio</b>	6	10.815.710.000,00**	1.290.597.000,00**	6.149.105,00**	195,43**	7	11,43**	1.283,77**	578,55**	899,95**		
<b>Cult. x Ens.</b>	54	206.496.300,00**	20.133.040,00**	165.537,40**	4,24**	63	0,30**	26,88**	130,07**	134,67**		
<b>Resíduo</b>	189	11.635.980,00	3.202.509,00	63.415,58	0,33	216	0,02	5,87	15,91	18,03		
<b>C.V. (%)</b>		11,76	17,21	23,75	5,64		5,51	10,08	9,25	12,93		

\*\* Significativo a 1%; \* Significativo a 5% pelo teste F.

A ocorrência de veranico na fase inicial de implantação do sorgo granífero, quando a semeadura foi realizada antecipadamente (07/10) no município de Sete Lagoas (MG), fez com que AVELAR e MORAIS (1986) verificassem decréscimos de produção dos cultivares. Neste trabalho, as semeaduras efetuadas a partir de dezembro apresentaram também redução acentuada de produtividade, devido a baixa disponibilidade de água no solo na fase de floração à de grãos leitosos. Os mesmos efeitos podem ser observados para o sorgo forrageiro, refletindo em diminuição da produção de biomassa.

Os rendimentos dos sorgos sensíveis ao fotoperíodo apresentaram relação direta com este fator climático. Quando as fases de sensibilidade ao fotoperíodo do AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 estiveram sob condições de fotoperíodos não indutivos e crescentes (semeaduras de outubro a dezembro), a exceção do BR 501 e BR 700 semeados em outubro (nestas condições estavam sob fotoperíodos indutivos), foi verificado o atraso da diferenciação floral em comparação com as condições de fotoperíodos indutivos (semeaduras de janeiro a abril). Nessa situação, um maior número de primórdios foliares foram formados, aumentando a duração do período vegetativo dos cultivares. Com isto, a emissão da panícula pela bainha da folha bandeira ocorreu somente quando houve a completa expansão dos primórdios foliares, proporcionando, assim, maior número de folhas emitidas. Conseqüentemente, constatou-se maior rendimento de matéria verde. Este mesmo fenômeno foi observado por TOLLENAAR (1999) em plantas de milho e por CRAUFURD e QI (2001) em sorgo.

Neste estudo, verificou-se que os cultivares de mesma aptidão agrônômica apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao rendimento de matéria verde nas diversas épocas de semeadura. Pode-se observar na Tabela 2 que os maiores rendimentos do AG 2002, BR 501 e BR 700 foram obtidos nas semeaduras de outubro e dezembro (66.161 e 62.143 kg/ha; 57.277 e 53.929 kg/ha e 38.772 e 38.795 kg/ha, respectivamente), pertencendo ao mesmo grupo de médias. O BR 506, BR 602 e BR 601 apresentaram maiores rendimentos na semeadura de outubro (87.009, 59.062 e 56.429 kg/ha, respectivamente), seguido dos grupos de média de dezembro e janeiro.

Tabela 2 – Valores médios do rendimento de matéria verde (kg/ha) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro* <sup>1</sup>	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	66.161 A b	72.679 b	62.143 A a	40.179 B b	27.455 C a	11.518 E b	20.670 D c	24.152 C a		
<b>BR 501</b>	57.277 A c	76.696 b	53.929 A b	29.598 B c	8.705 C d	2.277 C d	6.518 C e	6.027 C d		
<b>BR 506</b>	87.009 A a	86.473 a	60.134 B a	53.036 C a	27.790 E a	15.670 G a	43.750 D a	20.804 F b		
<b>BR 601</b>	56.429 A c	61.384 c	42.857 B d	18.884 C d	12.366 D c	4.196 E d	13.929 D d	14.911 D c		
<b>BR 602</b>	59.062 A c	73.170 b	48.750 B c	27.277 C c	24.598 C b	6.652 E c	16.116 D d	14.687 D c		
<b>BR 700</b>	38.772 A d	45.937 d	38.795 A d	26.429 B c	23.125 B b	11.384 D b	15.402 C d	17.857 C b		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	39.196 A d	36.071 e	31.920 B e	17.768 C d	19.777 C b	14.330 D b	14.554 D d	18.884 C b		
<b>Massa 03</b>	40.848 A d	42.187 e	32.902 B e	25.491 C c	25.982 C a	17.366 D a	18.929 D c	22.455 C a		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	57.857 A c	52.321 d	53.304 A b	31.429 B c	30.312 B a	19.330 C a	30.804 B b	27.143 B a		
<b>BRS 800</b>	59.710 A c	46.964 d	42.857 B d	19.018 C d	14.687 C c	9.018 D c	17.589 C c	19.687 C b		

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

\*<sup>1</sup> Ensaio com quadrado médio residual discrepante dos demais.

Os resultados de matéria verde obtidos nas semeaduras de outubro e novembro são bastante satisfatórios, sendo considerados superiores aos de COSTA et al. (1995), SANTOS (1997), SILVA et al. (2000) e REZENDE et al. (2001).

Por outro lado, todos os sorgos forrageiros apresentaram menores rendimentos na semeadura de março, e de fevereiro a maio para o BR 501, sendo de um mesmo grupo de médias (Tabela 2). Os menores rendimentos estão associados ao decréscimo da temperatura média no início da fase de floração dos cultivares, o que afetou o desenvolvimento das plantas. De maneira geral, os menores rendimentos constatados com os sorgos forrageiros nas semeaduras de janeiro a maio se deve a presença de fotoperíodos indutivos na fase de sensibilidade fotoperiódica dos cultivares, aliada ao decréscimo acentuado da temperatura média a partir do mês de abril, proporcionando menor rendimento de forragem. Outros trabalhos têm constatado a diminuição do rendimento do sorgo com o atraso na época de semeadura (VIANA, 1977; NAKAGAWA et al., 1978; AVELAR e MORAIS, 1986 e MACHADO et al., 1987).

Para as semeaduras de outubro a dezembro, os rendimentos dos sorgos de duplo propósito (AG 2005E e Massa 03) apresentaram-se no mesmo grupo de médias em cada época de semeadura (Tabela 2). Os maiores valores foram observados na semeadura de outubro (39.196 e 40.848 kg/ha, respectivamente), seguidos de dezembro (31.920 e 32.902 kg/ha, respectivamente). Os rendimentos obtidos nas semeaduras de janeiro, fevereiro e maio pertenceram ao mesmo grupo de médias, quando se analisou cada cultivar, e foram ainda superiores aos resultados do grupo de médias das semeaduras de março e abril. Apesar desses cultivares serem insensíveis ao fotoperíodo, os maiores valores de temperatura média a partir de janeiro (Figura 1) fez com que o AG 2005E apresentasse menor número de dias para atingir o estágio de diferenciação floral. Conseqüentemente, menor número de primórdios foliares foram formados, refletindo em menor rendimento de forragem. Vários trabalhos têm destacado o efeito da elevação temperatura no maior desenvolvimento das plantas de sorgo (CADDEL e WEIBEL, 1971; PEACOCK e HEINRICH, 1984; FERRARIS e CHARLES-EDWARDS, 1986;

MOKASHI et al., 1996; ELLIS et al., 1997; MACHADO et al., 1987; CRAUFURD et al., 1998 e CRAUFURD e QI, 2001).

Para os sorgos de corte e pastejo, insensíveis também ao fotoperíodo, os maiores rendimentos foram constatados na semeadura de outubro para o BRS 800 (59.710 kg/ha), acrescido de dezembro para o AG 2501C (57.857 e 53.304 kg/ha, respectivamente) (Tabela 2). Para estes cultivares foi constatada a participação dos valores de matéria verde em um mesmo grupo de médias nas semeaduras de janeiro, fevereiro, abril e maio, comprovando a insensibilidade ao fotoperíodo. Como ocorreu com os sorgos forrageiros, o menor rendimento foi observado na semeadura de março (19.330 e 9.018 kg/ha para o AG 2501C e BRS 800, respectivamente), pois as fases de floração e de maturação destes cultivares coincidiram com períodos de temperaturas mais baixas durante a condução do ensaio. Isto afetou o desenvolvimento das plantas e dos grãos que, conseqüentemente, reduziu o rendimento de forragem.

Quando se compara o efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de semeadura, verifica-se um comportamento semelhante do BR 506, sendo o mais produtivo, exceto na semeadura de maio (Tabela 2). Os maiores grupos de rendimento de matéria verde foram constatados também nas semeaduras de dezembro (AG 2002, 62.143 kg/ha), fevereiro (AG 2501C, AG 2002 e Massa 03; 30.312, 27.455 e 25.982 kg/ha, respectivamente), março (AG 2501C e Massa 03; 19.330 e 17.366 kg/ha, respectivamente) e maio (AG 2501C, AG 2002 e Massa 03; 27.143, 24.152 e 22.455 kg/ha, respectivamente).

Quando o agricultor apresenta limitação na área para o cultivo de espécies forrageiras, é interessante a utilização de cultivares que possuem alto potencial para a produção de forragem. Neste sentido, quanto maior o rendimento, maior será o volume de biomassa colhida para ser armazenada, na forma de silagem, ou ser fornecida na forma de forragem verde para a alimentação dos animais. Dentre os cultivares de sorgo utilizados, o BR 506 sobressaiu-se dos demais, apresentando o maior rendimento de forragem nas semeaduras de outubro, novembro e dezembro (87.009, 86.473 e 60.134 kg/ha, respectivamente) (Tabela 2). Destaque também é dado para o AG 2002, nas semeaduras de novembro, outubro e dezembro (72.679, 66.161 e 62.143

kg/ha, respectivamente) e para o BR 501, BR 602 e BR 601, em novembro (76.696, 73.170 e 61.384 kg/ha, respectivamente). Nestes meses, o fotoperíodo proporcionou a formação de maior número de primórdios foliares e conseqüentemente, resultou em maior rendimento de matéria verde. Sob tais condições, os resultados demonstram o grande potencial de rendimento de forragem do sorgo, cujos valores assemelham-se aos de VALENTE (1977) e FERNANDES (1978), que obtiveram rendimentos acima de 70 t/ha de matéria verde com a variedade Santa Elisa. Nas sementeiras do BR 602, BR 501 e BR 601 de outubro a dezembro, os resultados obtidos são superiores aos de CASELA et al. (1986) que constataram valores de 40,5; 38,5 e 37,5 t/ha de matéria verde para os respectivos cultivares.

Pode-se verificar que, além do AG 2005E e do Massa 03 estarem no mesmo grupo de médias de rendimento de matéria verde nas sementeiras de outubro a dezembro, este grupo apresentou menores valores em relação aos demais para essas sementeiras (Tabela 2). Também, em outubro, o BR 700 apresentou rendimento pertencente ao mesmo grupo dos sorgos de duplo propósito. Além do mais, menores rendimentos foram verificados para o AG 2005E na sementeira de janeiro (17.768 kg/ha), sendo do mesmo grupo do BR 601 e do BRS 800 (18.884 e 19.018 kg/ha, respectivamente). Os menores valores do BR 501 nas sementeiras de fevereiro a maio se devem ao seu maior fotoperíodo crítico, estando sob condições indutivas desde janeiro, e aos efeitos negativos dos decréscimos acentuados da temperatura média em abril no desenvolvimento das plantas. No mês de março, o rendimento do BR 501 pertenceu ao mesmo grupo de médias do BR 601 (4.196 kg/ha), sensível também ao fotoperíodo. Para a sementeira de fevereiro, os resultados obtidos são semelhantes aos de CHAVES (1997), que constatou variação no rendimento de 11,7 a 28,7 t/ha de matéria verde para o cultivo do sorgo na mesma época.

## 4.2. Rendimento de matéria seca

No rendimento de matéria seca, pode-se observar o efeito ( $P \leq 0,01$ ) para todas as fontes de variação (Tabela 1), constatando a performance diferenciada dos cultivares pelos efeitos do fotoperíodo e da temperatura.

O rendimento de matéria seca de alguns cultivares de sorgo apresentou relação com o fotoperíodo. Pode-se observar na Tabela 3 que os maiores valores do BR 506, BR 602, BR 601 e BR 501 foram obtidos nas semeaduras de outubro (30.947, 20.806, 19.593 e 17.751 kg/ha, respectivamente), seguido de dezembro (16.779, 13.147, 14.195 e 13.149 kg/ha, respectivamente). Para o AG 2002 e o BR 700, os maiores rendimentos foram obtidos também em outubro e dezembro (21.223 e 20.480 kg/ha; 16.762 e 15.100 kg/ha, respectivamente), sendo do mesmo grupo de médias. Os resultados obtidos com os sorgos forrageiros nas semeaduras de outubro a dezembro são superiores aos de COSTA et al. (1995), que constataram rendimentos de 13,4 a 14,4 t/ha de matéria seca, e de SILVA et al. (2000) e REZENDE et al. (2001) para as semeaduras de outubro e novembro, que verificaram variação de 3.176 a 17.943 kg/ha. Nestes meses o rendimento obtido com o AG 2002 e BR 506 foram superiores aos de SANTOS (1997), que obtiveram rendimentos máximos de matéria seca de 20,0 e 18,4 t/ha para os respectivos cultivares, e semelhantes para os cultivares BR 501 e BR 601 (20,0 e 19,2 t/ha, respectivamente).

Em contrapartida, os cultivares BR 501 e BR 506 apresentaram menores rendimentos de matéria seca nas semeaduras de fevereiro, março e maio, acrescido de abril para o BR 501, sendo do mesmo grupo de médias nas épocas mencionadas (Tabela 3). Para o AG 2002, BR 602 e BR 700, os menores valores foram constatados nos grupos de médias das semeaduras de março e abril, acrescido de maio para os dois últimos cultivares. O BR 601 apresentou o menor valor na semeadura de março, e os valores obtidos de janeiro a maio, a exceção de março, foram do mesmo grupo de médias. Os baixos rendimentos verificados nestas épocas estão associados à presença de fotoperíodos indutivos, aliados ao maior decréscimo da temperatura média a partir de abril (Figura 1), proporcionando assim menor rendimento de forragem.

Tabela 3 – Valores médios do rendimento de matéria seca (kg/ha) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro* <sup>1</sup>	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	21.223 A b	22.664 a	20.480 A a	14.839 B a	9.879 C b	4.626 D a	5.811 D c	7.887 C b		
<b>BR 501</b>	17.751 A c	20.120 a	13.149 B c	7.352 C c	2.425 D d	840 D b	2.547 D d	1.866 D d		
<b>BR 506</b>	30.947 A a	23.990 a	16.779 B b	13.969 C a	7.755 D c	5.018 D a	13.442 C a	6.420 D b		
<b>BR 601</b>	19.593 A b	16.007 b	14.195 B c	6.943 C c	4.455 C d	1.871 D b	4.649 C d	4.395 C c		
<b>BR 602</b>	20.806 A b	24.775 a	13.147 B c	9.767 C b	7.321 C c	2.452 D b	4.668 D d	4.596 D c		
<b>BR 700</b>	16.762 A c	15.586 b	15.100 A c	12.105 B a	11.460 B b	4.868 C a	6.395 C c	7.425 C b		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	16.616 A c	16.589 b	16.423 A b	8.965 B b	11.120 B b	6.425 C a	7.452 C c	7.370 C b		
<b>Massa 03</b>	17.505 A c	15.970 b	13.940 B c	12.343 B a	11.858 B b	7.368 C a	8.552 C b	8.247 C b		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	22.603 A b	18.740 b	19.317 B a	13.630 C a	14.082 C a	6.727 F a	9.289 E b	10.945 D a		
<b>BRS 800</b>	20.754 A b	14.899 b	11.519 B c	6.183 C c	5.494 C c	3.566 C b	5.290 C c	6.242 C b		

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

\*<sup>1</sup> Ensaio com quadrado médio residual discrepante dos demais.

Redução no rendimento do sorgo, à medida que se retardou a semeadura, foram constatados também em outros trabalhos com cultivares forrageiros (FERRARIS e CHARLES-EDWARDS, 1986) e graníferos (AVELAR e MORAIS, 1986; MACHADO et al., 1987; ALLEN e MUSIK, 1993 e MARTIN e VANDERLIP, 1997).

Na Tabela 3, pode-se constatar que os sorgos de duplo propósito apresentaram comportamentos semelhantes. O AG 2005E possuiu os maiores rendimentos nas semeaduras de outubro e dezembro (16.616 e 16.423 kg/ha, respectivamente), sendo superiores aos obtidos no grupo de janeiro e fevereiro (8.965 e 11.120 kg/ha, respectivamente) e aos de SANTOS (1997), constatando rendimento de 15,0 t/ha para o mesmo cultivar. O Massa 03 apresentou o maior rendimento na semeadura de outubro (17.505 kg/ha), seguido de dezembro a fevereiro, sendo do mesmo grupo de médias. Em contrapartida, os menores valores foram observados nas semeaduras de março a maio para o AG 2005E e Massa 03.

Os sorgos de corte e pastejo apresentaram também maiores rendimentos na semeadura de outubro (22.603 e 20.754 kg/ha para o AG 2501C e BRS 800, respectivamente) (Tabela 3). Para estes cultivares, os valores diferiram dos obtidos na semeadura de dezembro, que por sua vez foi superior aos demais grupos de médias. Para o BRS 800, verificou-se que os rendimentos das semeaduras de janeiro a maio pertenceram ao mesmo grupo, sendo menores que os demais. A semelhança dos resultados entre as diversas épocas de semeaduras do BRS 800 e dos sorgos de duplo propósito comprova a insensibilidade ao fotoperíodo dos cultivares em questão. Os menores rendimentos, obtidos nas épocas acima mencionadas, são atribuídos à elevação da temperatura em janeiro (Figura 1), fazendo com que as plantas apresentassem menor número de dias para atingir o estágio de diferenciação floral (FERRARIS e CHARLES-EDWARDS, 1986). Conseqüentemente, houve menor número de primórdios foliares formados que resultou em menor rendimento de forragem (TOLLENAAR, 1999 e CRAUFURD e QI, 2001). O mesmo efeito foi atribuído aos menores valores de temperatura média, a partir de abril, no qual resultaram em desenvolvimento lento das plantas, diminuindo, assim, o rendimento final.

O efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de semeadura no rendimento de matéria seca pode ser observado na Tabela 3. Neste estudo, verificou-se que o BR 506 apresentou o maior rendimento nas semeaduras de outubro, novembro, janeiro, março e abril. Maiores rendimentos foram obtidos também nos grupos de médias das semeaduras de novembro (BR 602, AG 2002 e BR 501; 24.775, 22.664 e 20.120 kg/ha, respectivamente), dezembro (AG 2002 e AG 2501C; 20.480 e 19.317 kg/ha, respectivamente), janeiro (AG 2002, AG 2501C, Massa 03 e BR 700; 14.839, 13.630, 12.343 e 12.105 kg/ha, respectivamente), fevereiro (AG 2501C; 14.082 kg/ha), março (Massa 03, AG 2501C, AG 2005E, BR 700 e AG 2002; 7.368, 6.727, 6.425, 4.868 e 4.626 kg/ha, respectivamente) e maio (AG 2501C; 10.945 kg/ha).

Além de proporcionar aumentos significativos no rendimento, os sorgos forrageiros são úteis para a utilização nas pequenas propriedades rurais, onde os produtores têm limitação de área para o cultivo das gramíneas. Nesta situação, o objetivo principal é a maximização da produção de forragem e o cultivo de sorgos que apresentem alto potencial forrageiro e bom valor nutritivo destaca-se como sendo uma boa opção de alimentação para o rebanho bovino. Como destacado anteriormente, um maior volume de forragem produzida permitirá o seu uso em maior período de tempo, seja na forma de silagem ou para o fornecimento direto no cocho aos animais. Neste aspecto, podem-se destacar os seguintes cultivares: semeadura em outubro: BR 506, AG 2501C, AG 2002, BR 602 e BRS 800 com rendimentos de 30.947, 22.603, 21.223, 20.806 e 20.754 kg/ha, respectivamente; novembro: BR 602, BR 506, AG 2002 e BR 501, cujos rendimentos foram 24.775, 23.990, 22.664 e 20.120 kg/ha, respectivamente e dezembro com AG 2002 (20.480 kg/ha) (Tabela 3). Nestas condições, o principal fator que permitiu a obtenção de maior rendimento foi o fotoperíodo. Condições não indutivas à diferenciação floral proporcionaram a formação de maior número de primórdios foliares, que resultaram em maior rendimento de matéria seca. Portanto, os resultados obtidos demonstram o grande potencial destes cultivares para a produção de matéria seca, sendo os valores obtidos superiores aos de vários trabalhos (CUMMINS et al., 1970; MATOS e PEREIRA, 1975; SEIFFERT e PRATES, 1978; LISEU, 1981; PEREIRA, 1991; COSTA e AZEVEDO, 1996; CHAVES, 1997; RODRIGUES, 2000; SILVA et al., 2000 e REZENDE et al., 2001).

A sensibilidade ao fotoperíodo é uma das principais causas pelas quais o sorgo apresenta variação no rendimento de forragem quando cultivado em diferentes épocas do ano. Além do mais, o maior fotoperíodo crítico de alguns cultivares exigirá fotoperíodos maiores que o crítico para que ocorra a formação de maior número de primórdios foliares, obtendo assim maior produção de forragem. Fotoperíodos abaixo do crítico proporcionará baixos rendimentos de forragem, pela indução antecipada da diferenciação floral. Isto pode ser constatado com o cultivar BR 501, que apresentou menor rendimento em todas as épocas de semeadura, a exceção de novembro (Tabela 3), cujo fotoperíodo esteve acima do nível crítico do cultivar. Neste caso, o atraso da diferenciação floral proporcionou maior número de dias para atingir este estágio de crescimento e, conseqüentemente, maior número de primórdios foliares foram formados. Isto permitiu a obtenção de maior rendimento de matéria seca (20.120 kg/ha).

A exceção das semeaduras de outubro e maio, o BR 601 esteve presente no grupo de médias de menores rendimentos de matéria seca dentro de cada época de semeadura (Tabela 3). Além deste cultivar e do BR 501, grupos de menores rendimentos foram constatados também em outubro (BR 700, AG 2005E e Massa 03), novembro (BR 700, AG 2005E, Massa 03, AG 2501C e BRS 800), dezembro (BR 602, BR 700, Massa 03 e BRS 800), janeiro (BRS 800), março (BR 602 e BRS 800) e abril (BR 602).

#### **4.3. Rendimento de proteína bruta**

Para esta característica, pode-se observar a significância dos efeitos ( $P \leq 0,01$ ) para cultivar, ensaios e interação cultivar x ensaios (Tabela 1).

Um ponto importante que deve ser mencionado é que não se deve levar em consideração apenas o rendimento de matéria seca na escolha de determinado cultivar de sorgo. Na maior parte das vezes, este componente da forragem não reflete em boa qualidade do material ensilado, devendo utilizar sorgos que combinem bons rendimentos de forragem com adequados níveis de proteína bruta.

Para identificar o cultivar que apresente tais características, foi realizado o desmembramento da interação cultivar x ensaios. Quando se analisa o efeito das épocas de semeadura dentro de cada cultivar, pode-se constatar que os maiores rendimentos foram obtidos nas semeaduras de outubro (Tabela 4). Os cultivares BR 601 e BR 501 apresentaram maiores valores neste mês (1.528 e 1.390 kg/ha, respectivamente), diferindo dos demais grupos de médias. Para o BR 506 e BR 602, os maiores rendimentos foram obtidos nas semeaduras de outubro e janeiro, pertencendo assim ao mesmo grupo (1.802 e 1.447 kg/ha; 1.527 e 1.268 kg/ha, respectivamente). Rendimentos superiores, em relação às demais épocas de semeadura e pertencentes ao mesmo grupo de médias, foram obtidos nas semeaduras de outubro, dezembro e janeiro para o AG 2002 (1.623 a 1.796 kg/ha) e BR 700, acrescido de fevereiro para este cultivar (1.326 a 1.716 kg/ha). Como nas características anteriormente analisadas, a maior parte dos maiores rendimentos foi obtida em semeaduras que coincidiram com condições de fotoperíodos não indutivos para os sorgos forrageiros. Isto proporcionou maior rendimento de matéria seca e, conseqüentemente, de proteína bruta.

Quanto aos menores rendimentos, o BR 506 e o BR 601 apresentaram menores valores no grupo de médias das semeaduras de fevereiro, março e maio, acrescido de abril para o AG 2002 e BR 501 (Tabela 4). Para o BR 602 e o BR 700, isto foi verificado nas semeaduras de março, abril e maio, pertencendo, assim, ao mesmo grupo de médias. Os menores rendimentos de proteína bruta estão associados aos menores valores de matéria seca, que por sua vez foram determinados por fotoperíodos indutivos nos cultivares sensíveis e pelas baixas temperaturas prevalentes no período de desenvolvimento dos cultivares nas épocas acima mencionadas.

Pode-se constatar também que os sorgos de duplo propósito apresentaram comportamentos semelhantes, sendo constatada a existência de dois grupos de médias (Tabela 4). Para o AG 2005E, o grupo de maiores valores de proteína bruta foi obtido nas semeaduras de outubro e dezembro (1.758 e 1.555 kg/ha, respectivamente) e o de menor valor, de janeiro a maio (863 a 1.308 kg/ha). Para o Massa 03, os maiores rendimentos foram observados no grupo composto das semeaduras de outubro a fevereiro, acrescido de abril (variação de 1.325 a 1.694 kg/ha).

Tabela 4 – Valores médios do rendimento de proteína bruta (kg/ha) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro* <sup>1</sup>	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	1.623 A b	1.911 a	1.646 A a	1.796 A a	1.020 B a	733 B a	790 B b	959 B a		
<b>BR 501</b>	1.390 A b	1.738 a	943 B b	798 B c	221 C c	102 C b	413 C b	211 C b		
<b>BR 506</b>	1.802 A b	1.749 a	1.109 B b	1.447 A b	476 C c	467 C b	1.114 B a	558 C b		
<b>BR 601</b>	1.528 A b	1.375 a	1.005 B b	819 C c	445 D c	258 D b	697 C b	513 D b		
<b>BR 602</b>	1.527 A b	2.366 a	772 B b	1.268 A b	892 B b	348 C b	579 C b	552 C b		
<b>BR 700</b>	1.716 A b	2.010 a	1.420 A a	1.659 A a	1.326 A a	662 B a	1.043 B a	960 B a		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	1.758 A b	1.584 a	1.555 A a	1.045 B c	1.308 B a	863 B a	1.136 B a	986 B a		
<b>Massa 03</b>	1.694 A b	1.581 a	1.421 A a	1.587 A a	1.532 A a	894 B a	1.325 A a	1.056 B a		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	2.261 A a	1.919 a	1.532 B a	1.683 B a	1.444 B a	787 C a	988 C a	1.194 C a		
<b>BRS 800</b>	2.077 A a	1.592 a	1.085 B b	716 C c	704 C b	486 C b	759 C b	739 C b		

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

\*<sup>1</sup> Ensaio com quadrado médio residual discrepante dos demais.

Menores valores desse cultivar foram obtidos no grupo de médias das sementeiras de março e maio. A constatação da existência de apenas dois grupos distintos de rendimento para os sorgos de duplo propósito comprova a boa estabilidade na produção de proteína bruta em diversas épocas de cultivo, evidenciando novamente a insensibilidade ao fotoperíodo dos cultivares em questão.

Para os sorgos AG 2501C e BRS 800, os maiores rendimentos foram também obtidos na sementeira de outubro (2.261 e 2.077 kg/ha, respectivamente) (Tabela 4). Os valores obtidos neste grupo de médias diferiram dos obtidos na sementeira de dezembro, que por sua vez pertenceu ao mesmo grupo nos meses de janeiro e fevereiro para o AG 2501C (1.683 e 1.444 kg/ha, respectivamente). Para o BRS 800, as sementeiras realizadas a partir de janeiro proporcionaram a obtenção de menores rendimentos de proteína bruta (486 a 759 kg/ha), e para o AG 2501C, isto foi verificado nas sementeiras de março, abril e maio (787 a 1.194 kg/ha). Os menores rendimentos dos sorgos de corte e pastejo e os de duplo propósito, nas épocas acima mencionadas, estão associados às elevadas temperaturas registradas nos meses de dezembro a fevereiro e ao decréscimo acentuado a partir de abril. No primeiro caso, a elevação da temperatura acelerou o desenvolvimento das plantas que, conseqüentemente, ocasionou menores rendimentos de matéria seca e de proteína bruta. No segundo caso, os menores valores de temperatura prejudicaram o desenvolvimento das plantas, comprometendo assim o rendimento dos cultivares. Os resultados obtidos nas sementeiras de outubro a janeiro são superiores aos de PEREIRA (1991), que constatou variação de 1,08 t/ha de proteína bruta, para o AG 2002, a 1,34 t/ha para o AG 2004.

Pode-se observar também o efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de sementeira (Tabela 4). No ensaio de novembro, ao ser analisado isoladamente devido ao seu maior valor de quadrado médio residual, foi constatada a existência de apenas um grupo de médias de rendimento de proteína bruta, sendo que o valor obtido com o BR 602 foi de 2.366 kg/ha. Neste estudo, nas sementeiras de outubro, dezembro, março, abril e maio, foram observados a formação de dois grupos distintos de rendimento. Em outubro, os maiores valores foram obtidos com os sorgos de corte e pastejo

(AG 2501C e BRS 800, 2.261 e 2.077 kg/ha, respectivamente), sendo superiores aos demais, que pertenceram ao mesmo grupo de médias. A exceção do AG 2005E semeado em janeiro e do AG 2002 em abril, os sorgos de duplo propósito, acrescido do AG 2501C, AG 2002 e BR 700, apresentaram os maiores rendimentos de proteína bruta, pertencentes ao mesmo grupo de médias, nas semeaduras de dezembro a maio. Juntamente com estes cultivares, o BR 506 apresentou rendimento semelhante na semeadura de abril (1.114 kg/ha).

A obtenção de maior rendimento de proteína bruta é o principal objetivo quando se busca a melhoria da qualidade da forragem produzida na propriedade agrícola. Neste aspecto, pode-se destacar o cultivo dos sorgos BR 602 e BR 700, semeados em novembro (2.366 e 2.010 kg/ha, respectivamente) e do AG 2501C e BRS 800 semeados em outubro (2.261 e 2.077 kg/ha, respectivamente) (Tabela 4). Nestas condições, os principais fatores que permitiram a obtenção de maiores rendimentos de proteína bruta foram o maior rendimento de matéria seca (22.603 e 20.754 kg/ha para o AG 2501C e BRS 800, respectivamente, Tabela 3) e a boa porcentagem de proteína bruta na forragem destes cultivares (10,0%). Para o BR 602, atribui-se o maior valor de proteína bruta ao maior rendimento de matéria seca (24.775 kg/ha) e a porcentagem de 9,5% de proteína presente na forragem colhida. Já o BR 700, a elevada porcentagem de proteína bruta (12,9%) conferiu um dos destaques dos maiores rendimentos. A maior parte dos valores de porcentagem são superiores aos de VALENTE (1977), cujo maior valor encontrado foi de 7,1%. Os teores de proteína bruta obtidos por PEREIRA (1991) (6,00; 8,07 e 8,56% para os sorgos AG 2002, AG 2004 e AG 2005E, respectivamente) e por COSTA e AZEVEDO (1996) (9,34; 8,70; 8,25 e 8,10% para o Contisilo 02, AG 2003, BR 506 e BR 601, respectivamente) foram semelhantes aos obtidos nas semeaduras de outubro a dezembro e menores aos de janeiro a maio. Considerando todas as épocas de semeadura, os teores obtidos são superiores aos de CHAVES (1997), que verificou valores de 5,44 a 8,13%.

Os menores percentuais de proteína bruta, constatados para o BR 506, demonstram a relação inversa com o rendimento de matéria seca (TEIXEIRA FILHO, 1977; VALENTE, 1977 e SILVA, 1998). Estes resultados confirmam a limitação protéica da forragem do sorgo (PIZARRO, 1978), estando abaixo dos

níveis exigidos pelos animais. Este fato evidencia que maior rendimento de forragem não é sinônimo de boa qualidade, sendo que a escolha de cultivares não se pode basear apenas na produtividade de matéria seca do sorgo.

#### **4.4. Altura de plantas**

Na variável altura de plantas, constatou-se o efeito ( $P \leq 0,01$ ) para todas as fontes de variação (Tabela 1), demonstrando mais uma vez o comportamento diferenciado dos cultivares devidos aos efeitos do fotoperíodo e da temperatura. Destaca-se também a boa precisão experimental obtida na avaliação desta característica (coeficiente de variação de 5,51%).

A utilização de cultivares de ciclo e portes diferentes, em diversas épocas de semeadura, determinou diferenças significativas para a altura de plantas (Tabela 5). Nota-se que os sorgos forrageiros apresentaram comportamentos semelhantes entre si, quando foram analisados os efeitos das épocas dentro de cada cultivar. Os sorgos BR 501, BR 602 e BR 700 apresentaram os maiores valores de altura de plantas nas semeaduras de novembro e dezembro (3,12 e 3,04 m; 3,34 e 3,39 m e 2,17 e 2,12 m, respectivamente), cujas épocas pertenceram ao mesmo grupo de médias. Menores resultados foram obtidos nas semeaduras de outubro e janeiro, para os dois primeiros cultivares, e janeiro e fevereiro para o BR 700. Para o AG 2002 e BR 601, a altura de plantas foi maior quando estes cultivares foram semeados em dezembro (3,54 e 3,32 m, respectivamente), seguido de novembro e janeiro, cujos valores pertenceram a grupos de média distintos. Os valores obtidos com o AG 2002 em outubro e janeiro foram os mesmos (2,86 m). O BR 506 apresentou também maiores valores no grupo de médias das semeaduras de outubro a dezembro (3,28 a 3,38 m), seguidos de janeiro (2,85 m). Os maiores valores de altura de plantas obtidos com os sorgos forrageiros nas semeaduras de novembro e dezembro são superiores aos obtidos em vários trabalhos (CASELA et al., 1986; COSTA et al., 1995; BELLO, 1997; SANTOS, 1997 e SILVA, 1998) e semelhantes aos de FLOWER (1996), que verificou variação de 1,97 a 3,61 m em cultivares de sorgo.

Tabela 5 – Valores médios da altura de plantas, em metros, obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
AG 2002	2,86 C c	3,35 B a	3,54 A a	2,86 C b	2,32 D b	1,75 E b	1,53 F b	1,83 E b		
BR 501	2,61 B d	3,12 A b	3,04 A c	2,54 B c	1,67 C d	1,19 E e	1,05 E e	1,38 D d		
BR 506	3,28 A a	3,31 A a	3,38 A b	2,85 B b	2,35 C b	1,89 D b	2,18 C a	2,06 D a		
BR 601	2,32 D e	3,04 B b	3,32 A b	2,59 C c	2,03 E c	1,48 G d	1,33 G c	1,65 F c		
BR 602	2,69 B d	3,34 A a	3,39 A b	2,75 B b	2,27 C b	1,60 D c	1,39 E c	1,62 D c		
BR 700	1,75 C f	2,17 A d	2,12 A e	1,98 B d	1,96 B c	1,60 D c	1,24 E d	1,46 D d		
<b>Duplo Prop.</b>										
AG 2005E	1,75 B f	1,88 B e	2,17 A e	1,93 B d	1,89 B c	1,61 C c	1,37 D c	1,49 D d		
Massa 03	1,82 B f	2,07 A d	2,10 A e	2,06 A d	1,97 A c	1,79 B b	1,51 C b	1,65 C c		
<b>Corte e Past.</b>										
AG 2501C	3,03 A b	3,22 A a	3,10 A c	3,11 A a	2,96 A a	2,35 B a	2,08 C a	2,15 C a		
BRS 800	2,73 A d	2,89 A c	2,73 A d	2,42 B c	2,14 C b	1,72 D b	1,62 D b	1,75 D c		

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

Os maiores valores obtidos são atribuídos aos efeitos dos fotoperíodos não indutivos, prevalentes durante a fase vegetativa dos cultivares (Figura 1). Estes fotoperíodos proporcionaram a formação de maior número de primórdios foliares e a emissão de maior número de folhas (BIRCH et al., 1998; TOLLENAAR, 1999 e CRAUFURD e QI, 2001), proporcionando, assim, maior altura de plantas.

Os menores valores do AG 2002, BR 602 e BR 700 foram obtidos na semeadura de abril (1,53; 1,39 e 1,24 m, respectivamente), seguidos de março e maio, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias (Tabela 5). Com os cultivares BR 501 e BR 601, os menores valores foram constatados no grupo de médias das semeaduras de março e abril (1,19 e 1,05 m; 1,48 e 1,33 m, respectivamente), seguido de maio (1,38 e 1,65 m para cada cultivar, respectivamente). O BR 506 apresentou menor porte nas semeaduras de março e maio (1,89 e 2,06 m, respectivamente), sendo os valores do mesmo grupo de médias, seguidos das semeaduras de fevereiro e abril (2,35 e 2,18 m, respectivamente). Os menores resultados dos cultivares forrageiros apresentaram relação com a presença de fotoperíodos indutivos à diferenciação floral. Estes fotoperíodos induziram os cultivares sensíveis a diferenciarem mais precocemente, havendo a formação de menor número de primórdios foliares e, conseqüentemente, menor altura de plantas. A redução acentuada da temperatura média a partir de abril (Figura 1) também afetou negativamente o desenvolvimento das plantas. Diminuições na altura de plantas, com o atraso da época de semeadura do sorgo sacarino Brandes, acarretaram reduções no rendimento de colmos (MACHADO et al., 1987).

Na Tabela 5, pode-se constatar que os sorgos de duplo propósito apresentaram também comportamentos semelhantes para a variável em estudo. O AG 2005E apresentou maior valor de altura de plantas na semeadura de dezembro (2,17 m), seguido do grupo de médias dos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro (1,75 a 1,93 m). Os resultados obtidos nas semeaduras de novembro a fevereiro com o Massa 03 também pertenceram ao mesmo grupo de médias (1,97 a 2,10 m), sendo este grupo superior aos demais. Estes resultados assemelham-se aos de CHAVES (1997), que obteve valor médio de 1,97 m de altura de plantas para os sorgos testados. Os menores valores obtidos com os sorgos de duplo propósito ocorreram no

grupo das sementeiras de abril e maio (1,37 e 1,49 m; 1,51 e 1,65 m para o AG 2005E e Massa 03, respectivamente), sendo atribuído aos efeitos das baixas temperaturas (Figura 1) prevalentes durante a fase vegetativa dos cultivares. As menores variações na altura de plantas dos sorgos de duplo propósito, aliadas a semelhança dos resultados obtidos na maior parte das sementeiras sob fotoperíodos indutivos e não indutivos, comprovam a insensibilidade ao fotoperíodo dos cultivares em questão.

Os sorgos de corte e pastejo apresentaram também maior altura de plantas nas primeiras épocas de cultivo (Tabela 5). Com o AG 2501C, os maiores valores foram obtidos no grupo de médias das sementeiras de outubro a fevereiro (2,96 a 3,22 m), seguidos do mês de março (2,35 m). Para o BRS 800, isto foi verificado de outubro a dezembro (2,73 a 2,89 m), sendo superior ao valor obtido na sementeira de janeiro (2,42 m). Por outro lado, menores alturas foram obtidas nas sementeiras de abril e maio, para o AG 2501C (2,08 e 2,15 m, respectivamente) e também na de março para o BRS 800 (1,62; 1,75 e 1,72 m, respectivamente), pertencendo ao mesmo grupo de médias. Estes resultados comprovam também a insensibilidade ao fotoperíodo dos sorgos de corte e pastejo.

Outro estudo que pode ser feito a partir do desmembramento da interação cultivar x ensaios é o de verificar o efeito dos cultivares de sorgo dentro de cada época de sementeira. Pelo fato dos cultivares forrageiros possuírem porte alto, verificou-se que o BR 506 apresentou o maior valor de altura de plantas no grupo de médias das sementeiras de outubro, novembro, abril e maio (3,28; 3,31; 2,18 e 2,06 m, respectivamente) (Tabela 5). Maiores valores foram também obtidos nos grupos das sementeiras de novembro (AG 2002, BR 602 e AG 2501C; 3,35; 3,34 e 3,22 m, respectivamente), dezembro (AG 2002; 3,54 m) e janeiro a maio (AG 2501C; 3,11; 2,96; 2,35; 2,08 e 2,15 m, respectivamente).

Grupo de médias de menores valores de altura de plantas, dentro de cada época de sementeira, foram observados para o AG 2005E (outubro a janeiro e maio), BR 501 (fevereiro a maio), BR 700 e Massa 03 (outubro, dezembro e janeiro), acrescido de maio para o BR 700 (Tabela 5). Os menores valores obtidos para o AG 2005E e o Massa 03 devem-se ao fato destes cultivares terem sido desenvolvidos para dupla aptidão agrônômica (silagem e

grãos), ou seja, buscando plantas de maior qualidade de forragem e de maior produção de grãos. Isto é obtido com a estatura menor das plantas, podendo este argumento ser válido para o BR 700. Somente os valores obtidos nas semeaduras de abril e maio assemelharam aos de CASELA et al. (1986) e ALAGARSWAMY e CHANDRA (1998), quando trabalharam com cultivares de sorgo granífero.

É bom salientar que a variável altura de plantas pode ser considerada uma boa característica na escolha de híbridos para a produção de forragem. Um maior valor proporcionará maiores rendimentos de matéria verde, o que poderá ocorrer também para a matéria seca e proteína bruta. Isto foi verificado com os sorgos forrageiros, cujas maiores alturas de plantas permitiram a obtenção de maior rendimento de forragem, sendo constatada a tendência de relação positiva entre estas duas variáveis quando se confrontam os resultados das Tabelas 2 e 5. O cultivar BRS 800 e os sorgos forrageiros que apresentaram maior altura de plantas, em determinadas épocas de semeaduras, possuíram também maior rendimento de matéria verde e vice-versa.

É importante destacar que, devido a maior altura e a presença de chuvas próxima à data de corte, alguns cultivares apresentaram o acamamento das plantas. Nas semeaduras de outubro a dezembro, os sorgos BR 601 e BR 602 apresentaram a maior parte das parcelas com as plantas acamadas, ocorrendo índices de 100% em todas as parcelas para a semeadura realizada em dezembro. O mesmo se verificou para o BR 601 semeado em fevereiro. Ainda nas semeaduras de outubro a dezembro, o acamamento foi também verificado para o AG 2002, porém em menor intensidade e em apenas uma parcela. Para o AG 2501C, os maiores índices foram constatados em dezembro em três parcelas (50 a 100%), sendo verificado também em menor intensidade nas semeaduras de maio e fevereiro. O BR 501 também apresentou acamamento, sendo verificado nas semeaduras de outubro, dezembro e, em maior intensidade, em fevereiro. Para o BRS 800, isto ocorreu nas semeaduras de dezembro, fevereiro e maio, sendo que nesta última, foi verificado em todas as parcelas. Nos demais cultivares, as plantas não se encontravam acamadas, apesar dos altos valores de altura observados em alguns cultivares, podendo-se assim efetuar a colheita mecânica do sorgo.

#### 4.5. Número de nós

Para esta variável, constatou-se significância para as fontes de variação cultivar ( $P \leq 0,05$ ), ensaios e cultivar x ensaios ( $P \leq 0,01$ ) (Tabela 1). As determinações do número de nós iniciaram a partir da semeadura de novembro, apresentando, portanto, sete épocas de avaliação. Destaca-se também a boa precisão experimental obtida com os resultados (coeficiente de variação de 5,64%).

Semelhante às características anteriormente analisadas, os cultivares de sorgo, de diferentes ciclos, determinaram diferenças significativas no número de nós. Nota-se que os sorgos forrageiros AG 2002, BR 506, BR 601, BR 602, BR 700 e o de duplo propósito AG 2005E apresentaram comportamentos semelhantes (Tabela 6). Estes cultivares, quando analisados isoladamente, apresentaram maior número de nós na semeadura de dezembro (14,85; 14,50; 14,30; 13,90; 15,65 e 13,15, respectivamente), seguido de novembro e janeiro, cujos grupos de média diferiram entre si. Para o BR 501, os valores obtidos no grupo das semeaduras de novembro e dezembro (13,70 e 14,05, respectivamente) foram superiores ao obtido em janeiro (12,02). Os maiores valores da semeadura de dezembro são atribuídos aos efeitos dos fotoperíodos não indutivos prevalentes durante a fase vegetativa dos cultivares sensíveis ao fotoperíodo. Sabendo-se que o número de nós é igual ao de folhas formadas na cultura do sorgo, os maiores valores de fotoperíodos não indutivos na semeadura de dezembro (Figura 1) permitiram a formação de maior número de primórdios foliares, como destacado por BIRCH et al. (1998), TOLLENAAR (1999) e CRAUFURD e QI (2001) que, conseqüentemente, permitiram também maior número de nós formados. Isto foi verificado com a maior altura de plantas do AG 2002 na semeadura de dezembro (3,54 m) (Tabela 5). O menor valor obtido com o BR 700 (2,12 m), nesta mesma época, associado à semelhança do número de nós (ou de folhas) do AG 2002 (Tabela 6), permite que o BR 700 seja considerado como de melhor qualidade de forragem para ser utilizado na alimentação animal.

Tabela 6 – Valores médios do número de nós obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio						
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Forrageiros</b>							
AG 2002	13,45 B a	14,85 A a	11,90 C a	8,90 D c	7,95 E b	7,15 E c	9,10 D b
BR 501	13,70 A a	14,05 A b	12,02 B a	8,25 C d	6,90 D b	6,85 D c	7,70 C b
BR 506	13,20 B a	14,50 A b	11,95 C a	9,85 E b	9,00 F a	11,35 D a	10,60 D a
BR 601	12,85 B b	14,30 A b	11,20 C b	8,85 D c	7,60 E b	7,15 E c	8,30 D b
BR 602	12,25 B b	13,90 A b	10,95 C b	9,15 D c	7,40 E b	7,35 E c	7,90 E b
BR 700	14,07 B a	15,65 A a	11,55 C a	7,95 D d	7,40 E b	7,30 E c	8,25 D b
<b>Duplo Prop.</b>							
AG 2005E	11,80 B c	13,15 A c	10,80 C b	8,90 D c	8,90 D a	8,05 E b	8,10 E b
Massa 03	11,37 B c	12,65 A d	11,60 B a	11,00 B a	9,75 C a	8,90 D b	8,10 D b
<b>Corte e Past.</b>							
AG 2501C	9,65 B d	10,75 A e	10,25 A b	9,85 B b	9,05 C a	8,45 C b	8,40 C b
BRS 800	10,35 B d	11,50 A e	10,45 B b	8,85 C c	8,00 D b	7,90 D b	8,00 D b

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

Os menores valores para o AG 2002, BR 501, BR 601 e BR 700 foram observados nas sementeiras de março e abril, sendo do mesmo grupo de médias (7,95 e 7,15; 6,90 e 6,85; 7,60 e 7,15; 7,40 e 7,30, respectivamente), seguidas das sementeiras de fevereiro e maio, que assemelharam entre si (Tabela 6). Para o BR 506, o menor número de nós foi obtido na sementeira de março (9,00), seguida de fevereiro (9,85) e de maio e abril (10,60 e 11,35, respectivamente). Para o BR 602, os menores valores foram constatados no grupo das sementeiras de março, abril e maio (7,40; 7,35 e 7,90, respectivamente), sendo inferior ao da sementeira de fevereiro (9,15). Assim, pode-se dizer que os resultados obtidos com os cultivares forrageiros apresentaram relação com o fotoperíodo. Condições indutivas à diferenciação floral fizeram com que os cultivares diferenciassem mais precocemente, havendo a formação de menor número de primórdios foliares e, conseqüentemente, de nós. O menor desenvolvimento das plantas foi atribuído também às baixas temperaturas registradas a partir de abril (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por MACHADO et al. (1987), constatando reduções no número de nós no colmo do sorgo sacarino Brandes. Estes autores verificaram, para o município de São Manuel (SP), variação de 11,18, para as sementeiras de 11/11 e 01/12, a 6,70 quando o cultivar foi semeado em 21/02. Em Botucatu (SP), houve variação de 12,95 a 9,45 quando o sorgo foi semeado em 21/10 e 30/01, respectivamente.

Pode-se observar na Tabela 6 que os sorgos de corte e pastejo apresentaram maior número de nós na sementeira de dezembro (10,75 e 11,50 para o AG 2501C e BRS 800, respectivamente), cujo valor do AG 2501C obtido na sementeira de janeiro (10,25) pertenceu ao mesmo grupo de médias. O cultivar Massa 03 apresentou desempenho semelhante ao do BRS 800, sendo o maior valor constatado na sementeira de dezembro (12,65), seguido do grupo de médias composto pelos meses de novembro, janeiro e fevereiro (11,37; 11,60 e 11,00, respectivamente). Para o AG 2501C e BRS 800, os menores resultados foram observados no grupo das sementeiras de março a maio, constatando variação no número de nós de 8,40 a 9,05 e de 7,90 a 8,00 para os respectivos cultivares. O AG 2005E e o Massa 03 apresentaram menor número de nós no grupo de médias das sementeiras de abril e maio (8,05 e 8,10; 8,90 e 8,10, respectivamente). As menores variações no número de nós

entre as épocas de semeadura dos sorgos AG 2501C, BRS 800 e Massa 03 comprovam a insensibilidade ao fotoperíodo dos cultivares em questão.

Uma vez que a interação cultivar x ensaios foi significativa para a variável número de nós, foi realizado o estudo do efeito dos cultivares dentro de cada época de semeadura. Pelo fato do BR 506 ser de porte alto e insensível ao fotoperíodo, verificou-se o maior número de nós no grupo das semeaduras de novembro, janeiro, março, abril e maio (13,20; 11,95; 9,00; 11,35 e 10,60 respectivamente) (Tabela 6). Estes resultados assemelham-se aos obtidos por MACHADO et al. (1987), que atribuíram o maior rendimento de colmos do sorgo sacarino Brandes ao maior peso dos colmos, resultante de plantas com maior número de entrenós, diâmetro de colmo e altura de planta. Maiores valores foram também obtidos no grupo de médias nas semeaduras de novembro (AG 2002, BR 501 e BR 700), dezembro (AG 2002 e BR 700), janeiro (AG 2002, BR 501, BR 700 e Massa 03), fevereiro (Massa 03) e março (AG 2005E, Massa 03 e AG 2501C). O maior número de nós (ou de folhas) obtidos com o Massa 03, em relação aos demais cultivares sob condições de fotoperíodos indutivos, deve-se à sua insensibilidade ao fotoperíodo e pelo fato do cultivar ter sido melhorado para a produção de silagem de alta qualidade, grãos e palhada para o plantio direto.

Em contrapartida, os menores números de nós, em cada época de semeadura, foram observados no grupo de médias de novembro e dezembro (AG 2501C e BRS 800), janeiro (BR 601, BR 602, AG 2005E, AG 2501C e BRS 800), fevereiro (BR 501 e BR 700), março (AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602, BR 700 e BRS 800), abril (AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700) e maio (todos os cultivares, a exceção do BR 506, do grupo de maior valor) (Tabela 6). Pelos resultados obtidos nas semeaduras de janeiro a maio, pode-se perceber que a maior parte dos cultivares forrageiros apresentaram comportamento de sensibilidade ao fotoperíodo. Uma vez estando sob condições indutivas à diferenciação floral (fotoperíodos curtos), estes cultivares foram induzidos a diferenciarem precocemente, apresentando menor número de folhas, nós e entrenós.

#### **4.6. Porcentagem de folhas, colmos e panículas na matéria seca das plantas**

Os resultados das análises de variâncias das variáveis porcentagens de folhas, colmos e panículas na matéria seca das plantas encontram-se na Tabela 1. Para as três variáveis analisadas, observaram-se efeitos ( $P \leq 0,01$ ) para as fontes de variação cultivar, ensaios e cultivar x ensaios, evidenciando os efeitos do fotoperíodo e da temperatura no comportamento diferenciado dos cultivares.

##### **4.6.1. Porcentagem de folhas**

O cultivo do sorgo, em várias épocas do ano, e a utilização de cultivares de diferentes ciclos e portes determinaram diferenças nos valores da porcentagem de folha na matéria seca das plantas (Tabela 7). Os sorgos forrageiros AG 2002, BR 601 e BR 602 apresentaram comportamentos semelhantes entre si quando se analisou os efeitos das épocas de semeadura dentro de cada cultivar. Estes sorgos apresentaram maiores porcentagens de folhas no grupo de médias das semeaduras de janeiro, abril e maio (28,43 a 32,19%; 28,65 a 30,73% e 29,66 a 30,19% respectivamente). Maiores valores de porcentagens de folhas na semeadura de janeiro foram também observados com os cultivares BR 506 e BR 700 (26,62 e 38,14%, respectivamente), cujo valor obtido em abril para o BR 506 (27,16%) pertenceu ao mesmo grupo de médias. As semeaduras de abril e maio proporcionaram maiores porcentagens de folhas para o BR 501 (31,64 e 32,43%, respectivamente), sendo de grupo superior aos das demais épocas. Estes valores são atribuídos às maiores porcentagens de matéria seca das folhas em relação à matéria seca total das plantas.

Tabela 7 – Valores médios da porcentagem de folhas na matéria seca das plantas obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	13,38 D b	15,25 D c	17,75 C c	28,43 A b	20,93 B b	22,08 B b	31,34 A b	32,19 A a		
<b>BR 501</b>	15,86 C b	17,37 C b	18,90 C c	28,60 B b	26,55 B a	27,31 B a	31,64 A b	32,43 A a		
<b>BR 506</b>	14,05 D b	12,98 D c	14,36 D d	26,62 A c	18,89 C b	22,59 B b	27,16 A c	23,66 B b		
<b>BR 601</b>	15,22 C b	18,01 C b	18,55 C c	28,65 A b	24,94 B a	26,15 B a	30,16 A b	30,73 A a		
<b>BR 602</b>	13,34 D b	15,31 D c	21,91 B b	30,19 A b	18,70 C b	22,57 B b	29,66 A b	30,13 A a		
<b>BR 700</b>	18,38 E a	29,73 C a	29,59 C a	38,14 A a	20,27 E b	25,60 D a	34,38 B a	33,21 B a		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	17,49 C a	19,05 C b	25,31 B b	31,67 A b	24,50 B a	26,54 B a	31,87 A b	31,24 A a		
<b>Massa 03</b>	19,62 D a	21,06 D b	27,39 C a	37,50 A a	28,49 C a	27,90 C a	35,93 A a	33,11 B a		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	16,19 C b	15,96 C c	14,87 C d	24,57 A c	15,94 C b	20,98 B b	28,26 A c	25,42 A b		
<b>BRS 800</b>	21,66 C a	19,05 D b	15,68 D d	24,49 B c	18,37 D b	22,70 C b	31,27 A b	25,40 B b		

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

Em contrapartida, as menores porcentagens de folha foram constatadas nos grupos de médias do AG 2002 e BR 602 nas semeaduras de outubro e novembro (13,38 e 15,25%; 13,34 e 15,31%, respectivamente), acrescido de dezembro para os cultivares BR 501, BR 506 e BR 601 (15,86 a 18,90%; 12,98 a 14,36% e 15,22 a 18,55%, respectivamente) (Tabela 7). Os menores percentuais de folhas estão associados ao maior valor de matéria seca da planta destes cultivares (Tabela 3). Neste caso, os fotoperíodos não indutivos proporcionaram maior altura de plantas nos cultivares sensíveis ao fotoperíodo, fazendo com que a proporção de folhas, em relação à matéria seca total da planta, diminuísse sob tais condições. Para o BR 700, os menores valores foram observados nas semeaduras de outubro e fevereiro (18,38 e 20,27%), pertencendo ao mesmo grupo de médias (Tabela 7).

Pode-se constatar também que os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo apresentaram comportamentos semelhantes. Na Tabela 7, verifica-se que as semeaduras do AG 2005E, Massa 03 e AG 2501C em janeiro e abril proporcionaram as maiores porcentagens de folhas na matéria seca das plantas (31,67 e 31,87%; 37,50 e 35,93% e 24,57 e 28,26%, respectivamente), o mesmo sendo verificado na semeadura de maio com os cultivares AG 2005E e AG 2501C (31,24 e 25,42%, respectivamente), pertencendo, assim, no mesmo grupo de médias. O maior valor do BRS 800 foi obtido na semeadura de abril (31,27%), seguido de janeiro e maio (24,49 e 25,40%, respectivamente), sendo do mesmo grupo de médias. Em contrapartida, as semeaduras em outubro e novembro do AG 2005E, Massa 03 e AG 2501C proporcionaram menores porcentagens de folhas (17,49 e 19,05%; 19,62 e 21,06% e 16,19 e 15,96%, respectivamente), sendo que os valores obtidos com o AG 2501C pertenceram ao mesmo grupo dos valores obtidos em dezembro e fevereiro (14,87 e 15,94%, respectivamente). O mesmo foi verificado para o BRS 800 nas semeaduras de novembro, dezembro e fevereiro (19,05; 15,68 e 18,37%, respectivamente).

Os cultivares de sorgo também apresentaram comportamento diferenciado quando foram avaliadas as porcentagens de folhas em cada época de semeadura. Os cultivares que pertenceram ao grupo de médias de maiores valores, em cada época de semeadura, foram: outubro (BR 700, AG 2005E, Massa 03 e BRS 800), novembro (BR 700), dezembro e janeiro (BR

700 e Massa 03), fevereiro (BR 501, BR 601, AG 2005E e Massa 03), março (BR 501, BR 601, BR 700, AG 2005E e Massa 03), abril (BR 700 e Massa 03) e maio (AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602, BR 700, AG 2005E e Massa 03) (Tabela 7). Nesta avaliação verificou-se que o BR 700 só não apresentou maiores percentuais de folha na semeadura de fevereiro. Uma vez que a qualidade da forragem está diretamente relacionada com a maior quantidade de folhas do cultivar de sorgo (CHAVES, 1997), espera-se que a forragem do BR 700 apresente melhor valor nutricional. O mesmo pode ser verificado para o Massa 03, que apresentou maiores valores em sete das oito épocas de semeadura.

A exceção dos cultivares que se destacaram nas semeaduras de outubro, fevereiro, março e maio, os demais se apresentaram nos grupos de menores percentuais de folha na matéria seca das plantas (Tabela 7). Para as demais épocas, os grupos de menores resultados foram observados nas seguintes situações: semeaduras de novembro (AG 2002, BR 506, BR 602 e AG 2501C), dezembro e janeiro (BR 506, AG 2501C e BRS 800) e abril (BR 506 e AG 2501C). Neste estudo, pode-se constatar que os cultivares AG 2501C e o BR 506 apresentaram os menores percentuais em todas as épocas de semeadura. O primeiro cultivar foi cortado em estágio avançado (grãos farináceos) ao que é recomendado (até o início da fase de emborrachamento), proporcionando maior rendimento de colmos, como verificado para o BR 506, devido ao maior porte. Isto proporcionou maior rendimento de matéria seca dos cultivares (Tabela 3) e, conseqüentemente, menores percentuais de folhas na forragem colhida (Tabela 7). Menores valores na maior parte das semeaduras foram verificados também com o BRS 800, AG 2002 e BR 602. Os resultados obtidos em todas as épocas de semeaduras são superiores aos de CHAVES (1997), constatando variação de 9,57 a 15,27% de folhas na matéria seca das plantas de sorgos forrageiros e aos de FARHOOMAND e WEDIN (1968), observando 12,4% de folhas na matéria seca da planta.

#### 4.6.2. Porcentagem de colmos

A diferenciação morfológica dos sorgos utilizados nos ensaios e o cultivo em diversas épocas do ano determinaram diferenças na porcentagem de colmos na matéria seca das plantas (Tabela 8). Analisando os efeitos das épocas de semeadura em cada cultivar forrageiro, verifica-se que as semeaduras de novembro e de dezembro proporcionaram a formação do grupo de maiores porcentagens de colmos do AG 2002, BR 501, BR 506 e BR 602 (57,91 e 56,84%; 57,53 e 58,83%; 70,49 e 70,62%; 55,21 e 54,74%, respectivamente), acrescido de outubro e fevereiro para o AG 2002 e BR 602 (52,48 e 56,17%, respectivamente). Para o BR 601 e BR 700, os maiores valores foram obtidos em novembro (56,68 e 39,63%, respectivamente) e março para o último cultivar (43,44%), sendo do mesmo grupo de médias. A maior parte dos resultados obtidos são atribuídos aos efeitos favoráveis à maior formação de primórdios foliares (fotoperíodos não indutivos), que proporcionaram a obtenção de maior número de nós na planta. Conseqüentemente, houve maior porcentagem de colmos na matéria seca das plantas.

Os grupos de menores porcentagens de colmos obtidos com os sorgos forrageiros foram verificados nas seguintes situações: AG 2002 (abril e maio), BR 501 (abril), BR 506 (janeiro), BR 601 (outubro e de janeiro a maio), BR 602 (outubro, abril e maio) e BR 700 (outubro e maio) (Tabela 8). Ao contrário do que ocorreu com a porcentagem de folhas, verificou-se que os menores resultados foram obtidos sob condições indutivas à diferenciação floral, principalmente para o BR 700 semeado em outubro e maio, cuja fase de sensibilidade fotoperiódica esteve sob fotoperíodos indutivos (menor que 12,90 h) (Figura 1).

Os cultivares de duplo propósito apresentaram também comportamento semelhante entre si. Para o AG 2005E, a maior porcentagem de colmos foi obtida em março (46,29%), sendo superior ao grupo de médias de fevereiro e maio (40,59 e 39,83%, respectivamente) (Tabela 8). O Massa 03 apresentou o maior valor em fevereiro (47,98%), seguido de março e maio (42,35 e 38,17%, respectivamente), cujas épocas pertenceram ao mesmo grupo de médias.

Tabela 8 – Valores médios da porcentagem de colmos na matéria seca das plantas obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	52,48 A b	57,91 A b	56,84 A b	43,69 B b	46,46 B c	45,97 B b	40,05 C b	39,13 C b		
<b>BR 501</b>	47,63 B b	57,53 A b	58,83 A b	43,01 B b	42,93 B c	41,77 B b	34,24 C c	41,47 B b		
<b>BR 506</b>	66,20 B a	70,49 A a	70,62 A a	51,74 D a	66,05 B a	60,38 C a	60,45 C a	63,56 B a		
<b>BR 601</b>	34,49 C c	56,68 A b	47,35 B c	39,70 C b	43,42 C c	37,33 C c	37,41 C c	38,18 C b		
<b>BR 602</b>	40,36 C c	55,21 A b	54,74 A b	46,39 B b	56,17 A b	44,62 B b	35,66 C c	37,59 C b		
<b>BR 700</b>	28,68 C d	39,63 A c	36,60 B d	34,42 B c	36,29 B d	43,44 A b	33,98 B c	31,45 C c		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	24,60 D d	25,62 D d	33,13 C d	29,41 C c	40,59 B d	46,29 A b	33,05 C c	39,83 B b		
<b>Massa 03</b>	27,82 C d	28,27 C d	30,95 C d	31,89 C c	47,98 A c	42,35 B b	34,27 C c	38,17 B b		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	38,25 A c	44,71 A c	48,99 A c	43,47 A b	43,98 A c	43,20 A b	44,54 A b	42,03 A b		
<b>BRS 800</b>	34,14 B c	40,41 A c	44,84 A c	35,11 B c	35,90 B d	33,29 B c	39,25 A b	33,59 B c		

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

Em contrapartida, o grupo de médias de menores valores de porcentagens de colmos deste cultivar foi constatado nas demais épocas de semeaduras, ou seja, de outubro a janeiro e abril (variação de 27,82 a 34,27%). Menor participação do colmo na matéria seca das plantas do AG 2005E foi verificado no grupo das semeaduras de outubro e novembro (24,60 e 25,62%, respectivamente), seguido de dezembro, janeiro e abril (33,13; 29,41 e 33,05%, respectivamente), que pertenceram ao mesmo grupo de médias.

O sorgo de corte e pastejo BRS 800 apresentou maior porcentagem de colmos nas semeaduras de novembro, dezembro e abril (40,41; 44,84 e 39,25%, respectivamente) e os menores valores nas demais épocas (outubro, janeiro a março e maio) (Tabela 8), constituindo assim dois grupos de médias distintos. Já o AG 2501C apresentou valores de um mesmo grupo de médias em todas as épocas de semeadura (variação de 38,25 a 48,99%). Estes cultivares demonstraram menor variação na porcentagem de colmos na matéria seca das plantas, podendo obter forragens de qualidade nutricional semelhantes quando forem cultivados em diferentes épocas do ano. De modo geral, os resultados obtidos em todas as épocas de semeaduras, a exceção do BR 506, são inferiores aos de CHAVES (1997) e de FARHOOMAND e WEDIN (1968).

Os cultivares apresentaram comportamento diferenciado em cada época de semeadura para a porcentagem de colmos. O maior destaque é dado para o BR 506, sendo constatados grupos de maiores valores de porcentagem de colmos em todas as épocas de semeadura (variação de 51,74 a 70,62%) (Tabela 8). Isto é atribuído ao maior porte e a maior produção de colmos em relação aos demais cultivares. Por outro lado, os grupos de menores porcentagens de colmos foram verificados nas semeaduras de outubro e dezembro (BR 700, AG 2005E e Massa 03), novembro (AG 2005E e Massa 03), janeiro (BR 700, AG 2005E, Massa 03 e BRS 800), fevereiro (BR 700, AG 2005E e BRS 800), março (BR 601 e BRS 800), abril (BR 501, BR 601, BR 602, BR 700, AG 2005E e Massa 03) e maio (BR 700 e BRS 800). Nota-se que os cultivares AG 2005E e BR 700 apresentaram menores valores em seis épocas de semeadura, e o Massa 03 e o BRS 800 em cinco e quatro épocas, respectivamente. Isto é justificado pelo fato dos cultivares AG 2005E e Massa 03 terem sido desenvolvidos para a produção de silagem e grãos, com plantas

de menor estatura, sendo o mesmo verificado para o BR 700. Conseqüentemente, a porcentagem de colmos na matéria seca das plantas é menor, proporcionando melhor qualidade da forragem produzida (CHAVES, 1997).

#### **4.6.3. Porcentagem de panículas**

As sementeiras do sorgo de outubro a maio proporcionaram também diferenças nos valores das porcentagens de panículas na matéria seca das plantas, sendo o maior valor verificado em outubro para os cultivares forrageiros (Tabela 9). Além desta época, resultados pertencentes ao mesmo grupo de médias foram constatados nas seguintes situações: AG 2002 (fevereiro e março; 32,61 e 31,95%, respectivamente), BR 501 (fevereiro, março e abril; 30,53, 30,92 e 34,13%, respectivamente) e BR 506 (janeiro; 21,64%). Os maiores valores observados na sementeira de outubro são atribuídos às temperaturas adequadas (Figura 1) na fase de floração e enchimento de grãos. Isto proporcionou boa produção de pólen e uma melhor taxa de translocação de fotoassimilados para os grãos, aumentando assim o seu peso. Como destacam PEACOCK e HEINRICH (1984), o peso dos grãos do sorgo é função do produto da taxa e da duração do período de enchimento, sendo ambos os fatores influenciados pela temperatura. Desta forma, constatou-se maior produção de grãos, o que permitiu a obtenção de maiores porcentagens de panículas na forragem, sendo desejável para a obtenção de forragem de melhor valor nutricional (VILELLA, 1985; TONANI, 1995 e CHAVES, 1997). Nas demais sementeiras, a obtenção de maior porcentagem de panículas na matéria seca está relacionada com a menor altura das plantas (Tabela 5), proporcionadas por fotoperíodos indutivos à diferenciação floral, e às temperaturas adequadas para a produção de pólen e enchimento de grãos.

Tabela 9 – Valores médios da porcentagem de panículas na matéria seca das plantas obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio									
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		
<b>Forrageiros</b>										
<b>AG 2002</b>	34,13 A c	26,85 B c	25,41 B c	27,88 B b	32,61 A b	31,95 A c	28,61 B b	28,68 B b		
<b>BR 501</b>	36,52 A c	25,11 B c	22,28 B c	28,39 B b	30,53 A b	30,92 A c	34,13 A a	26,11 B b		
<b>BR 506</b>	19,74 A d	16,54 B d	15,03 B d	21,64 A c	15,06 B d	17,03 B d	12,39 B c	12,78 B c		
<b>BR 601</b>	50,29 A a	25,32 C c	34,10 B b	31,66 B b	31,64 B b	36,53 B b	32,43 B a	31,10 B b		
<b>BR 602</b>	46,30 A b	29,48 B c	23,35 C c	23,42 C c	25,14 C c	32,81 B c	34,68 B a	32,28 B b		
<b>BR 700</b>	52,94 A a	30,64 C c	33,81 C b	27,44 C b	43,43 B a	30,96 C c	31,64 C a	35,34 C a		
<b>Duplo Prop.</b>										
<b>AG 2005E</b>	57,92 A a	55,33 A a	41,56 B a	38,92 B a	34,91 B b	27,17 C c	35,08 B a	28,93 C b		
<b>Massa 03</b>	52,55 A a	50,67 A a	41,66 B a	30,61 C b	23,53 C c	29,74 C c	29,80 C b	28,72 C b		
<b>Corte e Past.</b>										
<b>AG 2501C</b>	45,56 A b	39,33 A b	36,14 B b	31,95 B b	40,09 A a	35,82 B b	27,19 C b	32,55 B b		
<b>BRS 800</b>	44,19 A b	40,54 A b	39,48 A a	40,40 A a	45,74 A a	44,00 A a	29,49 B b	41,01 A a		

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

Grupos de menores porcentagens de panícula na forragem foram constatados com o AG 2002 nas sementeiras de novembro a janeiro e de abril e maio, BR 501 (novembro a janeiro e maio), BR 506 (novembro, dezembro e de fevereiro a maio), BR 601 (novembro), BR 602 (dezembro a fevereiro) e BR 700 (novembro a janeiro e de março a maio) (Tabela 9). Os menores valores de porcentagem de panículas obtidos em novembro e dezembro estão relacionados com o aumento da altura das plantas (Tabela 5), aumentando, assim, o número de folhas e de nós devido aos fotoperíodos não indutivos. Conseqüentemente, houve menor proporção de panículas na forragem, como destacado por ZAGO (1992). Nas sementeiras realizadas a partir de janeiro, nas situações acima mencionadas, o período de floração coincidiu com decréscimos na temperatura média em abril (Figura 1), que prejudicou a produção de pólen (PAUL, 1990). Estes decréscimos afetaram também a fase de floração à de grãos farináceos, prejudicando o enchimento dos grãos. Assim, obteve-se panícula com menor peso e proporção no material colhido.

É interessante ressaltar que foi observada a ausência de grãos nas panículas nas sementeiras de março (AG 2002, AG 2005E, BR 601 e BR 602), abril (em todos os cultivares, com exceção do AG 2501C e do BR 506) e maio (AG 2002, AG 2005E, BR 501, BR 506, BR 601 e BR 602). Isto é atribuído à coincidência do início do período de maturação dos cultivares com temperaturas médias de, aproximadamente, 15°C no início de junho (Figura 1). Em algumas noites do mês de julho, registraram-se valores de até 1,0°C, o que é altamente prejudicial à floração e à maturação do sorgo. MACHADO et al. (1987) constataram também que o atraso na época de sementeira do sorgo sacarino proporcionou menor tamanho e peso das panículas, diminuindo assim o rendimento de grãos.

Pode-se constatar também que os cultivares de duplo propósito e os de corte e pastejo apresentaram comportamentos semelhantes (Tabela 9). Os grupos de médias de maiores valores para o AG 2005E e o Massa 03 foram obtidos nas sementeiras de outubro e novembro (57,92 e 55,33%; 52,55 e 50,67%, respectivamente). Estes valores são devidos à menor proporção de colmos (Tabela 8) e folhas (Tabela 7), que permitiram obter maior proporção de panículas na matéria seca das plantas. Por outro lado, os grupos de médias dos menores valores de porcentagens de panículas foram obtidos nas

semeaduras de março e maio, para o AG 2005E, e de janeiro a maio, para o Massa 03. Novamente observa-se a relação negativa entre a proporção de panículas e a de colmos e folhas na matéria seca das plantas. As menores proporções de panículas são atribuídas também ao decréscimo da temperatura a partir de abril (Figura 1), coincidindo com as fases de floração e de enchimento de grãos dos cultivares de duplo propósito.

Ao observar os valores obtidos com os sorgos de corte e pastejo, constatam-se maiores proporções de panículas, pertencentes ao mesmo grupo de médias, nas semeaduras de outubro, novembro e fevereiro para o AG 2501C (45,56; 39,33 e 40,09%, respectivamente) e de outubro a março e maio para o BRS 800 (variação de 39,48 a 45,74%) (Tabela 9). Neste caso, as maiores porcentagens de panículas coincidiram com as menores porcentagens de folhas, para o AG 2501C, e em alguns casos, para o BRS 800 (Tabela 7). Os resultados obtidos na semeadura de abril diferiram dos demais grupos de médias para o AG 2501C (27,19%) e BRS 800 (29,49%), sendo, portanto, menores. Para estes cultivares, os valores obtidos em abril coincidiram com maiores porcentagens de folhas e colmos na matéria seca das plantas (Tabelas 7 e 8, respectivamente), constatando a relação inversa entre a proporção de panículas e a de folhas e colmos.

Comportamentos diferenciados dos cultivares em cada época de semeadura foram constatados também para a porcentagem de panículas na matéria seca das plantas (Tabela 9). Os maiores valores de porcentagens de panículas podem ser verificados nos grupos de médias das semeaduras de outubro (BR 601, BR 700, AG 2005E e Massa 03), novembro (AG 2005E e Massa 03), dezembro (AG 2005E, Massa 03 e BRS 800), janeiro (AG 2005E e BRS 800), fevereiro (BR 700, AG 2501C e BRS 800), março (BRS 800), abril (BR 501, BR 601, BR 602, BR 700 e AG 2005E) e maio (BR 700 e BRS 800). Dentre os cultivares, destaca-se o AG 2005E e o BRS 800, que apresentaram os maiores valores em cinco épocas de semeadura, e o BR 700 e o Massa 03, em quatro e três épocas, respectivamente. Como destacado anteriormente, os maiores valores de porcentagens de panículas na matéria seca das plantas permitem a obtenção de forragem com melhor qualidade nutricional para ser fornecida ao rebanho bovino. Em contrapartida, o menor percentual foi verificado com o BR 506 em todas as épocas de semeadura, acrescido do BR

602 em janeiro. Para o BR 506, constatou-se a relação inversa entre a porcentagem de panículas e a de colmos e folhas (Tabelas 9, 8 e 7, respectivamente) na matéria seca das plantas.

A exceção do AG 2005E e do Massa 03, semeados em outubro e novembro, BR 601 e BR 700 em outubro e BR 506 em novembro, dezembro e fevereiro a maio (Tabela 9), os resultados são semelhantes aos de CHAVES (1997), que constatou variação de 18,35 a 43,39% de panículas na matéria seca da forragem dos cultivares de sorgos forrageiros. Os resultados são também considerados superiores aos de FARHOOMAND e WEDIN (1968), que constataram 10,3% de panículas na matéria seca das plantas.

## 5. CONCLUSÕES

1. As variações do fotoperíodo e da temperatura influenciaram todas as características avaliadas para os sorgos forrageiros. Para os cultivares de duplo propósito e de corte e pastejo, isto foi atribuído somente à variação da temperatura.
2. As condições de fotoperíodos não indutivos proporcionaram maiores rendimentos de matéria verde, matéria seca e de proteína bruta, além de maiores valores de altura de plantas, número de nós e porcentagem de colmos nos cultivares forrageiros.
3. O maior rendimento de matéria verde foi obtido com o BR 506 e AG 2002, semeados de outubro a dezembro, e com o BR 501, BR 601 e BR 602, semeados em novembro.
4. No rendimento de matéria seca, os maiores valores foram obtidos nas seguintes semeaduras: outubro (BR 506, AG 2501C, AG 2002, BR 602 e BRS 800), novembro (BR 602, BR 506, AG 2002 e BR 501) e dezembro (AG 2002).
5. Para a proteína bruta, maiores rendimentos foram obtidos com o AG 2501C e BRS 800, semeados em outubro, e com o BR 602 e BR 700, em novembro.

6. O AG 2501C e o BR 506 apresentaram as maiores alturas de plantas na maioria das semeaduras, constatando relação positiva com o rendimento de matéria verde.
7. As maiores porcentagens de folhas foram obtidas com os sorgos BR 700 e Massa 03 na maioria das semeaduras e as menores com o AG 2501C e BR 506 em todas as épocas.
8. O BR 506 apresentou os maiores valores de porcentagem de colmos. Os menores valores foram obtidos com o AG 2005E, BR 700, Massa 03 e BRS 800 na maior parte das semeaduras.
9. Os sorgos AG 2005E e BRS 800 apresentaram maiores porcentagens de panículas em cinco épocas de semeaduras. Os menores valores foram obtidos com o BR 506 em todas as épocas. Constatou-se também a relação negativa entre a porcentagem de panículas e a de folhas e colmos na forragem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGARSWAMY, G.; CHANDRA, S. Pattern analysis of international sorghum multi-environment trials for grain-yield adaptation. **Theoretical and Applied Genetics**, v.96, n.3-4, p.397-405, mar.1998.

ALAGARSWAMY, G.; REDDY, D.M.; SWAMINATHAN, G. Durations of the photoperiod-sensitive and insensitive phases of time to panicle initiation in sorghum. **Field Crops Research**, v.55, n.1-2, p.1-10, jan.1998.

ALLEN, R.R.; MUSICK, J.T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, v.36, n.4, p.1123-1129, july-aug.1993.

AVELAR, B.C.; MORAIS, A.R. Influência das épocas de plantio na cultura do sorgo granífero em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.10, p.1055-1065, out.1986.

BELLO, N.J. An investigation of the agroclimatic potential of the forest-savanna transition zone of Nigeria for the cultivation of sorghum. **Experimental Agriculture**, v.33, n.2, p.157-171, 1997.

BEZERRA, E.da.S. **Composição química, consumo voluntário e digestibilidade de silagens de milho (*Zea mays* L.) associado com sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), rebrota de sorgo e milho**. Lavras: ESAL, 1989. 77p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia).

BIRCH, C.J.; HAMMER, G.L.; RICKERT, K.G. Temperature and photoperiod sensitivity of development in five cultivars of maize (*Zea mays* L.) from emergence to tassel initiation. **Field Crops Research**, v.55, p.93-107, 1998.

CADDEL, J.L.; WEIBEL, D.E. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. **Agronomy Journal**, v.63, p.799-803, sep/oct.1971.

CASELA, C.R.; BORGONOV, R.A.; SHAFFERT, R.E.; SANTOS, F.G. Cultivares de sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.144, p.40-43, dez.1986.

CHAVES, A.V. **Avaliação de cultivares de sorgo** (*Sorghum bicolor* L. Moench) **para produção de silagem**. Viçosa: UFV, 1997. 35p. (Tese – Mestrado em Fitotecnia).

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

COSTA, N.de.L.; AZEVEDO, D.M.P.de. Produção e composição química de cultivares de sorgo forrageiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, Londrina, 1996. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.216.

COSTA, N.de.L.; OLIVEIRA, J.R.da.C.; LEÔNIDAS, F.das.C. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro em Porto Velho-RO. **Lavoura Arrozeira**, v.48, n.420, p.17-18, mar./abr.1995.

CRAUFURD, P.Q.; FLOWER D.J.; PEACOCK, J.M. Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). I. Panicle development and leaf appearance. **Experimental Agriculture**, v.29, p.61-76, 1993.

CRAUFURD, P.Q.; PEACOCK, J.M. Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). II. Grain yield. **Experimental Agriculture**, v.29, p.77-86, 1993.

CRAUFURD, P.Q.; QI, A.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H.; MAHALAKSHMI, V. Effect of temperature on time to panicle initiation and leaf appearance in sorghum. **Crop Science**, v.38, n.4, p.942-947, july-aug.1998.

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

CUMMINS, D.G.; McGULLOUGH, M.E.; DOBSON, J.W. **Evaluation of corn and sorghum hybrids for silage**. Blauville: University of Georgia, 1970. 18p. (Research Report, 72p).

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

ELLIS, R.H.; QI, A.; CRAUFURD, P.Q.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, v.79, n.2, p.169-178, 1997.

FARHOOMAND, M.B.; WEDIN, W.F. Changes in composition in Sudangrass and forage sorghum with maturity. **Agronomy Journal**, v.60, n.5, p.450-463, 1968.

FARIA, V.P.de. Técnicas de produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8, 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.79-144.

FERNANDES, W. **Produtividade do sorgo “Santa Elisa” (*Sorghum vulgare*, Pers) em seis idades e valor nutritivo das silagens.** Viçosa: UFV, 1978. 64p. (Tese – Mestrado em Zootecnia).

FERRARIS, R.; CHARLES-EDWARDS, D.A. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. **Australian Journal Agriculture Research**, v.37, n.5, p.495-512, 1986.

FLOWER, D.J. Physiological and morphological features determining the performance of the sorghum landraces of northern Nigeria. **Experimental Agriculture**, v.32, p.129-141, 1996.

FRIBOURG, H.A.; BRYAN, W.E.; LESSMAN, G.M.; MANNING, D.M. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. **Agronomy Journal**, v.68, n.2, p.260-263, mar./apr.1976.

GARCIA, J.C.; RUAS, D.G.G.; FELÍCIO FILHO, A. Sorgo: algumas considerações econômicas. **Informe Agropecuário**, v.5, n.56, p.3-5, ago.1979.

GATES, C.E.; BILBRO, J.D. Illustration of a cluster analysis method for mean separation. **Agronomy Journal**, v.70, may/june.1978.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: NOBEL. 13.ed., 1990. 466p.

HAMMER, G.L.; MUCHOW, R.C. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments. I. Development and testing of a simulation model. **Field Crops Research**, v.36, p.221-234, 1994.

KARANDE, B.I.; VARSHNEYA, M.C.; NAIDU, T.R.V. Photoperiodically sensitive time interval for panicle initiation of sorghum. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.1, n.4, p.258-261, oct./dec.1996.

LISEU, L.C. **Curva de produção, composição química, digestibilidade “in vitro” e taxa de fermentação do sorgo.** Lavras: ESAL, 1981. 96p. (Tese – Mestrado em Zootecnia).

MACHADO, J.R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.9/10, p.951-958, set./out.1987.

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

MATOS, H.B.; PEREIRA, J.V.S. Competição de variedades de sorgo para a produção de matéria verde. **Boletim da Indústria Animal**, v.32, n.2, p.307-311. 1975.

MOKASHI, D.D.; JADHAV, J.D.; SHEWALE, M.R.; GAIKWAD, C.B.; PATIL, J.D. Thermal requirement of winter sorghum (*Sorghum bicolor*) under different dates of sowing. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.66, n.7, p.426-428, july.1996.

MUCHOW, R.C.; HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments. II. Effects of planting date, soil water at planting, and cultivar phenology. **Field Crops Research**, v.36, p.235-246, 1994.

NAKAGAWA, J.; MARCONDES, D.A.S.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, D. Estudo de épocas de semeadura de híbridos de sorgo granífero e de milho no município de São Manuel, SP. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11, Piracicaba, 1976. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1978. p.767-773.

OLUFAYO, A.A.; RUELLE, P.; BALDY, C.; AIDAOU, A. Biomass of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under variable water regime. **Biomass and Bioenergy**, v.12, n.5, p.383-386, 1997.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

OWEN, F.G.; MOLINE, W.J. Sorghum for forage. In: WALL e ROSS. Sorghum production and utilization. West port, **AVI Publishing**, 1970. 383p.

PAUL, C.L. **Agronomia del sorgo**. Patancheru: ICRISAT, 1990. 301p.

PAULI, A.W.; STICKLER, F.C.; LAWLESS, J.R. Developmental phases of grain sorghum (*Sorghum vulgare*, Pers.) as influenced by variety, location, and planting date. **Crop Science**, v.4, n.1, p.10-13, 1964.

PEACOCK, J.M.; HEINRICH, G.M. Light and temperature responses in sorghum. In: Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics: Proceedings of the International Symposium, 1982. **Proceedings...** Patancheru: ICRISAT, p.143-158, 1984.

PEREIRA, O.G. **Produtividade do milho (*Zea mays* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da aveia (*Avena sativa*), do milheto (*Pennisetum americanum* L.) e do híbrido (*S. bicolor* x *S. sudanense*), e respectivos valores nutritivos sob a forma de silagem e verde picado.** Viçosa: UFV, 1991, 86p. (Tese – Mestrado em Zootecnia).

PIZARRO, E.A. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.47, p.5-8, nov.1978.

PUPO, N.I.H. Conservação de forragens. In:\_\_\_\_. **Manual de pastagens e forrageiras:** formação, conservação, utilização. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1995. Cap.14, p.252-303.

REZENDE, P.M.de.; SILVA, A.G.da.; CORTE, E.; BOTREL, E.P. CONSÓRCIO SORGO-SOJA. V. Comportamento de híbridos de sorgo e cultivares de soja consorciados na entrelinha no rendimento de forragem. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.369-374, 2001.

RODRIGUES, J.A.S. **Híbridos de sorgo sudão e sorgo bicolor: alternativa de forrageira para corte e pastejo.** Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 2000. 22p. (Circular Técnica, 4).

SANTOS, F.G.dos. Cultivares. In: EMBRAPA. **Manejo cultural do sorgo para forragem.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, p.27-28, 1997. (Circular Técnica, 17).

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

SILVA, A.G. **Produção de forragem de cultivares de sorgo e soja, consorciadas na linha, em dois sistemas de corte.** Lavras: UFLA, 1998. 80p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

SILVA, A. G.da.; REZENDE, P.M.de.; CORTE, E.; MANN, E.N. CONSÓRCIO SORGO-SOJA. III. Seleção de cultivares de sorgo e soja, consorciadas na linha, visando à produção de forragem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.24, n.4, p.861-868, out./dez.2000.

TEIXEIRA FILHO, J.R. **Produtividade e valor nutritivo de cinco diferentes sorgos forrageiros e suas silagens.** Viçosa: UFV, 1977. 42p. (Tese – Mestrado em Zootecnia).

TOLLENAAR, M. Duration of the grain-filling period in maize is not affected by photoperiod and incident PPFD during the vegetative phase. **Field Crops Research**, v.62, p.15-21, 1999.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TONANI, F.L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação de grãos.** Viçosa: UFV, 1995. 56p. (Tese - Mestrado em Zootecnia).

VALENTE, J.O. **Produtividade de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e valor nutritivo de suas silagens.** Viçosa: UFV, 1977. 76p. (Tese – Mestrado em Zootecnia).

VALENTE, J.O.; SILVA, J.F.C.; GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para silagem. 1. Produção e composição do material ensilado e das silagens. **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.13, n.1, p.67-73, 1984.

VIANA, A.C. **Efeito de épocas e densidades de plantio sobre o comportamento de três híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** Viçosa: UFV, 1977. 31p. (Tese – Mestrado em Fitotecnia).

VILLELLA, D. **Sistema de consorciação de forragem.** Coronel Pacheco: EMPRAPA-CNPGL, 1985. 15p. (Boletim Pesquisa, 11).

WADE, L.J.; DOUGLAS, A.C.L.; MAYER, D.G. Defining traits for selection using isopopulations of sorghum. **Euphytica**, v.72, n.1-2, p.73-85, 1994.

ZAGO, C.P. Utilização de sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo cultural do sorgo para forragem.** Sete Lagoas: EMBRAPA, p.9-30, 1992. (Circular Técnica, 17).

## CONCLUSÕES GERAIS

1. Os sorgos forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 foram sensíveis ao fotoperíodo para a diferenciação floral, enquanto o AG 2005E, AG 2501C, BR 506, BRS 800 e Massa 03 apresentaram comportamentos de insensibilidade.
2. A diminuição da temperatura ocasionou o atraso do desenvolvimento fenológico das plantas.
3. Para o rendimento de matéria verde, matéria seca e proteína bruta, foram constatadas concordância na classificação dos cultivares entre o rendimento médio e a estimativa de  $P_i$  geral. Sua decomposição em ambientes favoráveis e desfavoráveis demonstrou eficiência na escolha dos sorgos com adaptação a ambientes específicos.
4. A variação do fotoperíodo e da temperatura influenciou todos os caracteres agrônômicos dos sorgos forrageiros. Para os cultivares de duplo propósito e de corte e pastejo, a variação destas características foram atribuídas à variação da temperatura.

## **ANEXOS**

Tabela 1A – Datas das sementeiras, germinação e cortes realizados em função do estágio de maturação dos cultivares de sorgo forrageiro no ano a grícola 1999/2000, Coimbra (MG)

		Ensaio							
		Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Sementeira</b>		06/10/1999	12/11/1999	17/12/1999	10/01/2000	16/02/2000	13/03/2000	14/04/2000	15/05/2000
<b>Germinação</b>		18/10/1999	23/11/1999	26/12/1999	18/01/2000	21/02/2000	20/03/2000	21/04/2000	23/05/2000
<b>Cortes realizados no ano de 2000</b>									
<b>AG 2002</b>		14/02	17/03	14/04	08/05	13/06	28/07	15/09	14/11
<b>AG 2005E</b>		02/02	25/02	04/04	08/05	13/06	28/07	15/09	01/11
<b>AG 2501C</b>		02/02	25/02	04/04	08/05	13/06	28/07	15/09	01/11
<b>BR 501</b>		14/02	17/03	14/04	08/05	13/06	28/07	15/09	14/11
<b>BR 506</b>		25/02	17/03	14/04	08/05	13/07	05/09	05/12	05/12
<b>BR 601</b>		14/02	17/03	14/04	08/05	13/06	28/07	15/09	14/11
<b>BR 602</b>		14/02	17/03	14/04	08/05	13/06	28/07	15/09	14/11
<b>BR 700</b>		02/02	25/02	04/04	08/05	13/06	28/07	15/09	01/11
<b>BRS 800</b>		02/02	25/02	04/04	08/05	13/06	28/07	15/09	01/11
<b>Massa 03</b>		02/02	25/02	04/04	08/05	13/06	28/07	15/09	01/11

Tabela 2A – Resumo da análise de variância individual do estágio de crescimento 1, obtido no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai
<b>Blocos</b>	3	0,69	1,23	3,89	3,29	3,42	1,29	0,70	20,62
<b>Cultivar</b>	9	203,51**	187,78**	181,79**	134,52**	51,69**	82,56**	2.455,40**	1.584,34**
<b>Resíduo</b>	27	1,51	0,81	1,10	1,20	1,46	2,48	1,35	4,25
<b>C.V. (%)</b>		3,33	2,83	3,31	3,91	4,79	6,40	3,13	3,00

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância individual do estágio de floração obtido no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai
<b>Blocos</b>	3	8,87	2,20	0,87	0,49	16,47	2,42	57,50	41,17
<b>Cultivar</b>	9	197,28**	275,21**	190,23**	140,89**	114,93**	406,80**	2.233,68**	832,32**
<b>Resíduo</b>	27	2,22	1,74	1,22	2,97	1,28	6,42	14,28	7,61
<b>C.V. (%)</b>		1,84	1,80	1,56	2,48	1,74	3,31	3,67	2,17

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4A – Resumo da análise de variância individual do estágio de maturação, obtido no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai
<b>Blocos</b>	3	0,62	2,69	1,49	1,82	2,82	0,69	0,47	0,80
<b>Cultivar</b>	9	431,29**	597,47**	326,74**	213,17**	540,19**	980,97**	1.546,12**	620,44**
<b>Resíduo</b>	27	1,77	1,40	2,05	1,88	1,07	1,30	0,56	0,50
<b>C.V. (%)</b>		1,24	1,18	1,43	1,39	1,03	0,94	0,51	0,43

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5A – Resumo da análise de variância individual do estádio de crescimento 2, obtido no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	6,29	1,10	3,42	5,17	5,29	5,27	46,53	4,82
<b>Cultivar</b>	9	61,12**	35,49**	33,58**	21,77**	23,47**	128,12**	165,77**	151,14**
<b>Resíduo</b>	27	3,16	3,53	1,91	3,43	2,22	4,17	12,77	6,01
<b>C.V. (%)</b>		4,03	4,52	3,52	4,45	3,72	3,94	5,44	4,21

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância individual do estádio de crescimento 3, obtido no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	8,22	7,56	0,09	3,80	6,16	4,17	64,97	30,50
<b>Cultivar</b>	9	90,62**	101,75**	69,25**	22,90**	180,95**	238,88**	190,54**	94,54**
<b>Resíduo</b>	27	4,78	1,98	3,31	4,37	2,47	7,09	14,97	6,80
<b>C.V. (%)</b>		8,29	5,32	6,28	7,19	4,55	5,91	8,59	6,69

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7A – Resumo da análise de variância individual dos rendimentos de matéria verde obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios <sup>*1</sup>							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	47.940	928.793	6.408	33.127	11.208	7.116	26.969	79.727
<b>Cultivar</b>	9	845.062**	1.168.208**	453.271**	470.616**	214.013**	128.067**	432.181**	138.802**
<b>Resíduo</b>	27	17.122	41.154	13.252	20.024	3.930	5.427	13.177	8.521
<b>C.V. (%)</b>		7,36	10,80	7,79	15,48	9,23	20,85	18,31	15,64

<sup>\*1</sup> Valores de quadrados médios devem ser multiplicados por 1.000;

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 8A – Resumo da análise de variância individual dos rendimentos de matéria seca obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios <sup>*1</sup>							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	28.223	61.211	2.904	3.437	2.502	1.567	3.705	5.747
<b>Cultivar</b>	9	71.389**	55.725**	32.431**	40.270**	55.177**	18.900**	37.552**	24.858**
<b>Resíduo</b>	27	6.433	11.010	4.300	4.943	2.521	852	1.775	1.593
<b>C.V. (%)</b>		12,40	17,52	13,46	20,96	18,49	21,09	19,57	19,30

\*1 Valores de quadrados médios devem ser multiplicados por 1.000;

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 9A – Resumo da análise de variância individual dos rendimentos de proteína bruta obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	262.129	1.317.845	86.435	178.705	55.522	26.000	36.916	66.344
<b>Cultivar</b>	9	274.742**	316.561	363.249**	671.994**	857.431**	291.378**	320.250**	378.647**
<b>Resíduo</b>	27	81.665	245.432	110.626	113.833	42.018	21.252	39.417	35.099
<b>C.V. (%)</b>		16,45	27,79	26,63	26,32	21,88	26,03	22,44	24,24

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 10A – Resumo da análise de variância individual das alturas de plantas obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	0,0169	0,1288	0,0628	0,0097	0,0400	0,0429	0,0441	0,0280
<b>Cultivar</b>	9	1,2182**	1,3157**	1,2927**	0,6640**	0,4975**	0,3593**	0,5028**	0,2495**
<b>Resíduo</b>	27	0,0299	0,0280	0,0093	0,0148	0,0141	0,0097	0,0093	0,0055
<b>C.V. (%)</b>		6,95	5,89	3,33	4,84	5,51	5,79	6,29	4,33

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 11A – Resumo da análise de variância individual dos números de nós obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios						
		Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
<b>Blocos</b>	3	0,1367	1,2013	0,3969	0,7000	1,0437	1,3000	0,1717
<b>Cultivar</b>	9	8,6532**	9,3093**	1,6256**	3,0921**	3,4166**	7,0699**	2,8543**
<b>Resíduo</b>	27	0,3087	0,3028	0,3840	0,2945	0,2281	0,3804	0,3820
<b>C.V. (%)</b>		4,53	4,07	5,50	5,93	5,83	7,67	7,32

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 12A – Resumo da análise de variância individual das porcentagens de folhas obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	9,4603	2,7165	1,0342	5,6266	2,5528	2,0708	9,1869	5,0308
<b>Cultivar</b>	9	30,5839**	85,4996**	116,3753**	90,0684**	67,4540**	25,0533**	27,3556**	50,8988**
<b>Resíduo</b>	27	8,6735	4,0109	7,1170	12,7489	2,6473	3,7200	3,9849	4,0758
<b>C.V. (%)</b>		17,83	10,90	13,06	11,95	7,48	7,89	6,40	6,79

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 13A – Resumo da análise de variância individual das porcentagens de colmos obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	21,0960	14,6647	35,9496	19,3736	121,5318	1,8565	3,3009	11,1002
<b>Cultivar</b>	9	657,4471**	821,7812**	624,2926**	198,3627**	335,7469**	198,0483**	271,3676**	305,1167**
<b>Resíduo</b>	27	23,8436	18,3925	21,4307	19,2060	14,0728	15,7407	5,0101	9,5959
<b>C.V. (%)</b>		12,37	9,00	9,59	10,99	8,16	9,04	5,70	7,65

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 14A – Resumo da análise de variância individual das porcentagens de panículas obtidas no ensaio de avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

FV	GL	Quadrados Médios							
		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
<b>Blocos</b>	3	28,0608	28,1313	26,4473	44,2343	100,0052	7,6210	6,3897	11,4341
<b>Cultivar</b>	9	504,7543**	598,4338**	338,3320**	142,6422**	356,0285**	192,7837**	174,0176**	212,6115**
<b>Resíduo</b>	27	32,6735	20,7056	23,0911	19,1482	16,9352	14,0692	6,9482	10,6919
<b>C.V. (%)</b>		12,99	13,39	15,36	14,47	12,75	11,83	8,92	10,99

\*\* F significativo a 1% de probabilidade; \* F significativo a 5% de probabilidade.