

ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO DO SORGO FORRAGEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TERMOFOTOPERIÓDICAS¹

Alessandro Guerra da Silva²
Valterley Soares Rocha³
Carlos Alberto Martinez y Huaman⁴
Paulo Roberto Cecon⁵
Arley Figueiredo Portugal⁶
Itamar Rosa Teixeira⁷

RESUMO

A fim de obter mais informações dos estádios de crescimento de cultivares de sorgo em diferentes épocas de semeadura, efetuou-se um experimento no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o ano agrícola 1999/2000. Implantaram-se os experimentos na primeira quinzena dos meses de outubro de 1999 a maio de 2000. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os cultivares de sorgo 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) foram utilizados em cada época de semeadura. Os estádios de crescimentos de cada cultivar foram avaliados, pelo teste de Scott-Knott, comparando-se os grupos de médias dos tratamentos. Os resultados obtidos permitiram concluir que o fotoperíodo e a temperatura apresentaram efeitos no EC 1, enquanto somente a temperatura apresentou efeito nos EC 2 e 3. O sorgo BR 506 apresentou o maior período de juvenilidade, e o BRS 800 foi o mais precoce para a diferenciação floral (EC 1). Os cultivares de duplo propósito

¹ Aceito para publicação em 31.05.2005. Extraído da Tese de Doutorado.

² Dep. de Agronomia da FESURV. Cx. P. 104. 75901-970. Rio Verde, GO. silvaag@fesurv.br

³ Dep. de Fitotecnia da UFV. 36571-000. Viçosa, MG. vsrocha@ufv.br

⁴ Dep. de Biologia da FFCLRP, USP, 14040-901, Ribeirão Preto, SP.

⁵ Dep. de Informática da UFV. 36570-000. Viçosa, MG. cecon@dpi.ufv.br

⁶ Dep. de Solos da UFV. lelecoportugal@yahoo.com.br

⁷ Núcleo de Ciências Agrárias da UFMS. Cx. P. 533, 79804-970. Dourados, MS. itamart@ceud.ufms.br

e os de corte e pastejo apresentaram maior número de dias do EC2 nas semeaduras de abril e maio, e o AG 2005E apresentou o menor valor para essa característica na maior parte das semeaduras. O BRS 800 e o BR 506 apresentaram o menor e o maior número de dias do EC 3 na maioria das semeaduras, respectivamente.

Palavras chave: sorgo, estádios de crescimento, fotoperíodo, temperatura.

ABSTRACT

GROWTH STAGES OF FORAGE SORGHUM UNDER DIFFERENT THERMO-PHOTOPERIOD CONDITIONS

To obtain further informations on growth stages of sorghum cultivars in different times of the year, 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. The trials were installed, starting in the first fortnight of October 1999 through May 2000, from october 1999. Each experiment was arranged in randomized blocks with four replications. The sorghum cultivars AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602 and BR 700 (forages), AG 2005E and Massa 03 (dual purpose) and AG 2501C and BR 800 (cutting and grazing) used were at each sowing time. The growth stages of each cultivar were evaluated, using the Scott-Knott test to compare the treatment average groups. It was concluded that the photoperiod and the temperature showed effects in GS 1, while only the temperature showed effect in GS 2 and 3. The sorghum BR 506 showed the higher juvenile period and the BRS 800 was more precocious for floral differentiation (GS 1). The dual purpose and cutting and grazing cultivars showed higher day numbers of GS 2 in april and may sowings and the AG 2005E showed the smaller value for GS 2 in the most sowings. The BRS 800 and BR 506 showed the smaller and the higher day numbers of GS 3 in most sowings, respectively.

Key words: sorghum, growth stages, photoperiod, temperature.

INTRODUÇÃO

O sorgo é uma das culturas de grande importância na produção de grãos. Além da utilização na alimentação humana, é considerada ótima alternativa para a alimentação animal na forma de grãos, forragem verde ou silagem.

Para que o sorgo apresente todas as vantagens de uma cultura forrageira, é necessário ter condições adequadas para o desenvolvimento satisfatório das plantas. Neste sentido, fotoperíodo ea temperatura são considerados os principais fatores ambientais.

As variações nas condições climáticas, em diferentes períodos de cultivo, afetam o desenvolvimento do sorgo (12, 21). Cultivares forrageiros respondem diferentemente ao fotoperíodo e à temperatura (16). Quanto ao fotoperíodo, Craufurd e QI (9) verificaram que o valor crítico do fotoperíodo para o sorgo é de 12,9 h/dia. Valores menores que este fazem com que a diferenciação floral ocorra logo no final da fase de juvenilidade (1, 9, 6, 19). Por outro lado, fotoperíodo maior que o

mencionado aumenta a duração da fase vegetativa, e cultivares necessitam de maior número de graus-dias para atingirem a fase de diferenciação floral (9).

Em relação à temperatura, sabe-se que a ótima é aquela em que o desenvolvimento das plantas ocorre mais rapidamente (4, 5, 27). Resultados obtidos por Caddel E Weibel (6) e Peacock E Heinrich (26) demonstram que os efeitos da temperatura na iniciação da panícula são complexos, afetando as repostas ao fotoperíodo e o desenvolvimento das plantas.

Ellis et al. (11) e Craufurd et al. (10) verificaram, na fase de diferenciação floral, que temperatura de 34°C foi considerada supra-ótima; a temperatura ótima para este estágio foi de 27°C. O período de diferenciação floral do sorgo é dependente da temperatura e do fotoperíodo (11, 17), enquanto a fase de enchimento de grãos é dependente somente da temperatura (17). Os efeitos da temperatura e do fotoperíodo no desenvolvimento de plantas de sorgo foram verificados em vários trabalhos (2, 11, 20, 22).

Segundo Craufurd e QI (9), independente do fotoperíodo, a temperatura determina a duração do estágio da diferenciação floral à floração e desta à maturidade. Seleção de cultivares menos sensíveis à alta temperatura, na fase de iniciação da panícula à antese, poderia resultar em grande estabilidade de produção de grãos. Temperaturas sub ou supra-ótimas afetam, além da germinação das sementes (3), a diferenciação floral, o desenvolvimento e o enchimento de grãos, afetando o rendimento final pela redução do número de grãos por panícula (26). Segundo Paul (24), temperatura elevada no estágio da diferenciação floral à floração pode causar o aborto das flores e dos embriões. Por outro lado, temperatura baixa, associada à intensidade e à duração deste estresse, proporciona esterilidade dos grãos de pólen, influenciando também o desenvolvimento da panícula.

Percebe-se que tem-se dado pouca atenção aos efeitos da época de semeadura no desenvolvimento de diferentes cultivares de sorgo. O desenvolvimento de genótipos menos sensíveis à variação do fotoperíodo e da temperatura poderia permitir ao agricultor aumento do período de semeadura do sorgo e seu cultivo em maior faixa de latitude.

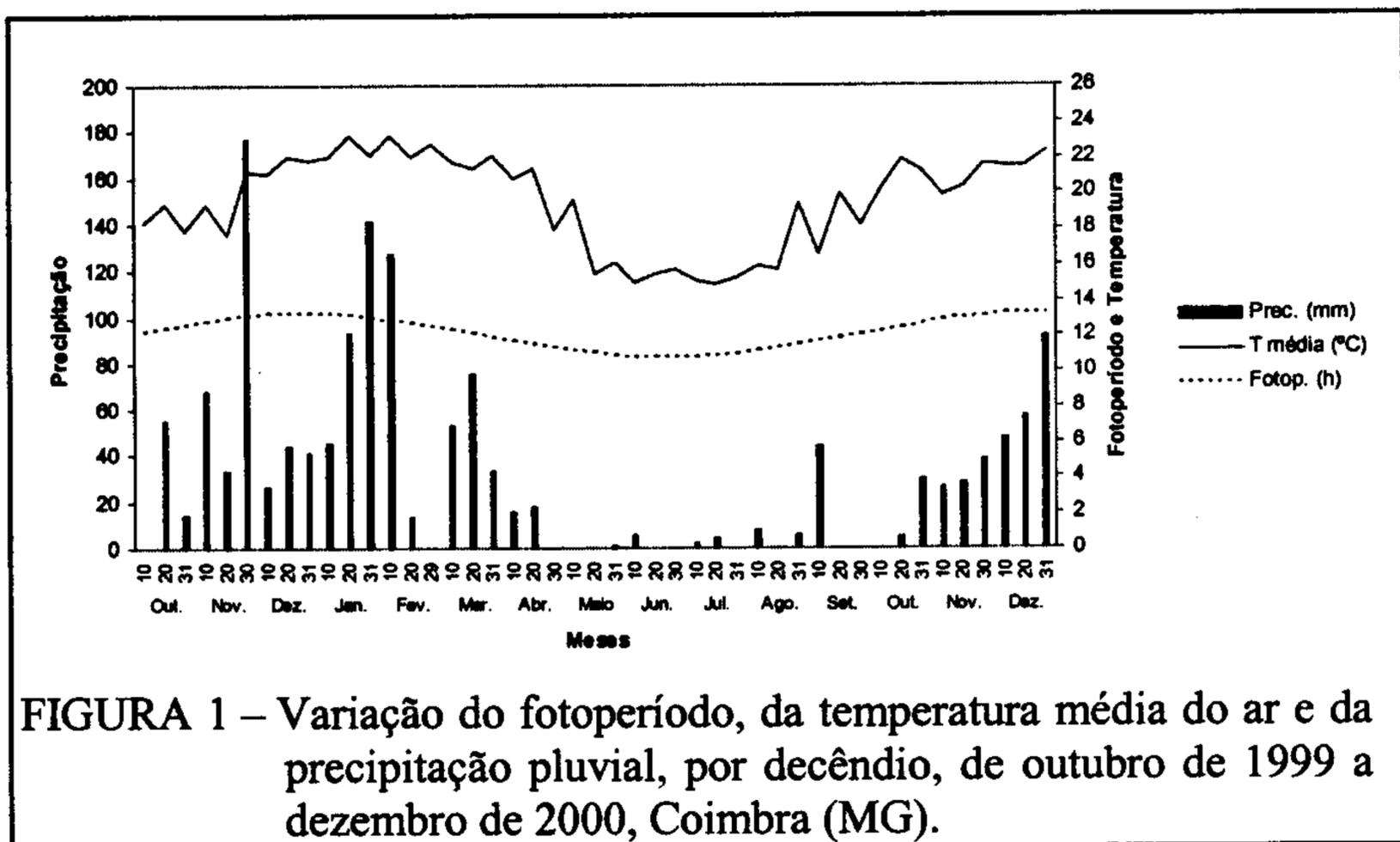
Com base nos processos fisiológicos e morfológicos que ocorrem na cultura do sorgo, é possível avaliar os estádios de desenvolvimento dos cultivares. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos fatores climáticos nos estádios de crescimento de cultivares de sorgo forrageiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado

no município de Coimbra (MG), situado a 20°51' de latitude sul e 42°46' de longitude W.Gr., a 720 metros de altitude, durante o ano agrícola 1999/2000. Os dados climáticos, por decêndio, encontram-se na Figura 1. Os valores de temperatura, precipitação e radiação solar foram obtidos a partir de uma estação climatológica instalada nesse Campo. Os fotoperíodos diários foram calculados segundo metodologia proposta por Ometto (23).

Os resultados das análises químicas do solo onde foram instalados os experimentos, com os respectivos níveis dos elementos - (alto (A), médio (M) e baixo (B) - , segundo Tomé Júnior (29), 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 %. A textura do solo era composta, de 12 dag/kg de areia grossa, 9 de areia fina, 18 de silte e 61 de argila, sendo considerado, portanto, muito argiloso.



foi efetuado aos 20 dias após a emergência das plântulas, deixando-se o equivalente a 157.143 plantas de todos os cultivares por hectare.

As adubações foram feitas seguindo-se as recomendações feitas pela Comissão De Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (7), sendo necessária, três meses antes da primeira sementeira, a aplicação de 1,93 t/ha de calcário dolomítico (PRNT de 76%). Na sementeira, foram utilizados 500 kg/ha de 04-14-08 e, aos 30 e 45 dias após a emergência, realizou-se a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

Em média, duas capinas manuais com enxadas em cada época de sementeira foram realizadas. Foi feita também a irrigação de todo o experimento, quando necessário, para que as plantas não fossem afetadas por déficit hídrico. Não foram observados problemas com pragas que pudessem comprometer a produção.

Avaliaram-se três estádios de crescimento (EC), segundo Paul (24): Estádio de Crescimento 1 - em intervalos de dois dias, três plantas de cada parcela foram levadas para o laboratório para exame do meristema apical em microscópio, adotando-se a data da diferenciação floral quando duas ou três plantas apresentavam o primórdio da panícula; Estádio de Crescimento 2 - período compreendido entre a diferenciação floral e a floração; foi avaliada quando 50% das plantas da área útil das parcelas estavam com a panícula emergida da bainha da folha bandeira, com a metade da panícula apresentando flores abertas); e Estádio de Crescimento 3 - período entre a floração e a fase de grãos farináceos em 50% das plantas da área útil da parcela.

As análises estatísticas iniciaram-se com a análise de variância decada época de sementeira e a análise conjunta dos experimentos. Esta análise foi efetuada quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual dos experimentos foi igual ou menor que sete (15). O agrupamento dos tratamentos foi efetuado usando o teste de Scott-Knott (14).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância dos estádios de crescimento dos cultivares de sorgo se encontra na Quadro 1.

Estádio de Crescimento 1

Os efeitos do fotoperíodo e da temperatura podem ser constatados pela comparação dos valores da diferenciação floral nas épocas de sementeiras (Quadro 2). Neste estudo, constatou-se que os cultivares de mesma aptidão agrônômica apresentaram comportamentos semelhantes.

QUADRO 1 – Resumo da análise de variância conjunta de dados dos estádios de crescimento 1 (EC 1), 2 (EC 2) e 3 (EC 3), obtidos avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		EC 1	EC 2	EC 3
Blocos / Ensaio	24	4,39	9,74	15,68
Cultivares	9	2.382,04**	75,11	247,56*
Ensaio	7	8.143,17**	3.836,78**	2.470,01**
Cultivares x Ensaio	63	357,08**	77,91**	105,98**
Resíduo	216	1,77	4,65	5,72
C.V. (%)		3,74	4,51	6,97

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

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 (Quadro 2), cujos valores pertenceram a grupos de média distintos. A maior precocidade do BRS 800 (17,50 dias) foi constatada na semeadura de dezembro, e do AG 2501C (21,00 dias) na de janeiro. 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 (12) e Craufurd e QI (9).

O sorgo de duplo propósito AG 2005E apresentou também menor número de dias do EC 1 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, bem como o Massa 03, cujos valores não diferiram de novembro a março. Os resultados obtidos com os cultivares de duplo propósito, acrescidos do AG 2501C, assemelham-se aos de diferenciação floral (EC 1) de vários trabalhos com sorgo (1, 6, 10, 18, 25).

Os cultivares AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700, de aptidão forrageira, foram mais precoces nas semeaduras de fevereiro e março (Quadro 2), em razão do efeito de fotoperíodos indutivos, que induziu o florescimento tardio nos cultivos de maio, outubro, novembro e dezembro. O BR 506 foi o que necessitou de maior número de dias para atingir a diferenciação floral nas semeaduras de maio e abril (119,25 e 107,00 dias, respectivamente).

Quando se comparam os valores obtidos na semeadura de novembro com os de outubro, verifica-se que a elevação da temperatura proporcionou menor EC 1 aos cultivares AG 2002, BR 506, BR 602, AG 2005E, Massa 03, AG 2501C e BRS 800 (Quadro 2). Vários trabalhos têm constatado os efeitos da elevação da temperatura no maior desenvolvimento das plantas de sorgo (6, 9, 10, 11).

QUADRO 2 – Valores médios do número de dias do estágio de crescimento 1 (EC 1 ou diferenciação floral) obtidos na avaliação de cultivares de sorgo forrageiro, duplo propósito e corte e pastejo no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio							
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Forrageiros								
AG 2002	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
BR 501	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
BR 506	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
BR 601	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
BR 602	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
BR 700	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
Duplo Prop.								
AG 2005E	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
Massa 03	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
Corte/Past.								
AG 2501C	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
BRS 800	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.

Com relação ao BR 601, não foi verificada diferença significativa entre os EC 1 das semeaduras de outubro a dezembro (valores pertencentes ao mesmo grupo de médias). Para os sorgos BR 501 e BR 700, verificou-se aumento do número de dias em novembro. Na fase de diferenciação floral do BR 700, quando semeado em outubro, o fotoperíodo foi de 12,98 horas (Figura 1), próximo do valor crítico (12,90 horas; 9). Provavelmente, a fase de sensibilidade fotoperiódica do cultivar em questão induziu o florescimento, o que não ocorreu em novembro, devido ao aumento do fotoperíodo. Já para o BR 501, o atraso da diferenciação floral foi atribuído. Este fato sugere que os cultivares BR 501 e BR 700 sejam sensíveis ao fotoperíodo.

Nas semeaduras de novembro e dezembro, os cultivares desenvolveram-se em fotoperíodos não-indutivos (maior que 12,90 horas) (Figura 1). Estes fotoperíodos proporcionaram aumento do número de dias para atingir a fase de diferenciação floral dos cultivares AG 2002, BR 602, AG 2005E e AG 2501C (Quadro 2), com valores pertencendo a grupos de médias distintos. Os resultados obtidos com o BR 601, BR 700 e Massa 03 pertenceram ao mesmo grupo de médias, não sendo constatadas, portanto, diferenças significativas. Devido ao maior fotoperíodo crítico do BR 501, a data de sua diferenciação floral na semeadura de dezembro (39,50 dias após a emergência) e, provavelmente, seu período de sensibilidade fotoperiódica coincidiram com a ocorrência de fotoperíodos indutivos. Isso induziu a 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, que permitiram o maior desenvolvimento das plantas (4, 5, 27).

A variação ocorrida no fotoperíodo quando os sorgos foram cultivados em diferentes épocas do ano foi suficiente para se constatar a sensibilidade da maior parte dos cultivares. Na semeadura de janeiro, os cultivares se encontravam em condições indutivas do florescimento a partir de primeiro de fevereiro. Além de temperaturas mais elevadas (Figura 1), constatou-se, em relação ao grupo de médias da semeadura de dezembro, diminuição do número de dias do EC 1 para a maioria dos cultivares (AG 2002, BR 501, BR 506, BR 601, BR 602, BR 700, AG 2005E e AG 2501C) (Quadro 2). A sensibilidade fotoperiódica do sorgo pode ser constatada a partir dos resultados obtidos com os cultivares AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700, acrescidos aos do BR 501, semeado em outubro e dezembro, como destacado por vários autores para outros cultivares (1, 6, 9, 11, 19, 25). A antecipação da diferenciação floral dos cultivares AG 2005E, AG 2501C e BR 506, 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 do EC 1 na semeadura (19,50 dias), em relação à de dezembro (17,50 dias) (grupos de média distintos). Este fato demonstra maior sensibilidade à temperatura. Vários autores (4, 5, 26, 27) relatam que a redução da temperatura média do ar retarda o desenvolvimento das plantas, prolongando o seu ciclo.

Os fotoperíodos indutivos prevalecentes em fevereiro e março, durante a semeadura, proporcionaram a diminuição do número de dias do EC 1 de AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700, em comparação com o EC1 do grupo de médias de janeiro (Quadro 2), comprovando o maior efeito de fotoperíodos indutivos na antecipação da diferenciação floral das plantas. O menor fotoperíodo 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 (4, 5, 27). 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. Sendo assim, as médias do EC 1 nesta época foram semelhantes à de novembro, e superiores à de janeiro, comprovando a insensibilidade destes cultivares ao fotoperíodo. Essa redução da temperatura provocou também o atraso da diferenciação floral do cultivar BRS 800 nas semeaduras de fevereiro e março, comparado com janeiro.

Médias superiores na semeadura de março, em relação às de fevereiro, foram obtidas com os cultivares AG 2501C e BR 506, atribuídas à diminuição no desenvolvimento das plantas devido ao ligeiro abaixamento da temperatura média de 03 a 06 de abril, durante a fase vegetativa desses cultivares, e a partir de 21 deste mês para o BR 506. Os menores tempos de diferenciação floral do cultivar AG 2005E no grupo de médias das semeaduras de janeiro e março, quando comparadas com as de fevereiro e novembro, devem-se, provavelmente, ao efeito de temperaturas adequadas para o desenvolvimento das plantas.

A partir de abril, foi observada diminuição da temperatura média (Figura 1), o que ocasionou aumento do EC 1 de todos os cultivares semeados nesse mês (Quadro 2). O mesmo foi observado com o EC 1 na semeadura de maio, visto que o decréscimo da temperatura reduziu ainda mais o desenvolvimento das plantas, proporcionando mais diferenciamento entre as plantas. Para o sorgo BR 506, o alto valor do EC 1 observado em maio (119,25 dias), que difere do obtido em abril, é atribuído às baixas temperaturas prevalecentes durante todo o estágio vegetativo, que ocasionaram menor desenvolvimento das plantas (4, 5, 26, 27).

O sorgo BR 506 foi o mais tardio, exceto na semeadura de novembro (Quadro 2). Em dezembro e janeiro, o BR 501 e o BR 506 apresentaram valores superiores de EC 1, do mesmo grupo de médias,

sendo superiores em relação às dos demais cultivares. Na semeadura de novembro, o cultivar BR 501 foi o que apresentou o maior EC 1. O maior número de dias do EC 1 do BR 506 pode ser atribuído ao seu maior período de juvenilidade e ao seu menor crescimento. Os altos valores observados nas semeaduras de abril e maio desse cultivar são atribuídos às baixas temperaturas registradas a partir do final de abril (Figura 1).

A maior precocidade foi constatada com o cultivar BRS 800 nas semeaduras de novembro (além 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) (Quadro 2). Portanto, deduz-se que o BRS 800 apresenta menor período de juvenilidade, o que confere maior precocidade da fase vegetativa. Nas semeaduras de outubro e maio, os cultivares mais precoces (menor EC 1) foram o BR 700 (30 dias) e o AG 2501C (48,75 dias), respectivamente, por estarem em grupos de médias inferiores às dos demais. Para o BR 700, o mesmo foi verificado em fevereiro e março. Os resultados obtidos nas semeaduras de outubro a abril assemelham-se aos de Craufurd et al. (8), que constataram, para os sorgos precoces e tardios a variação de 19 a 30 dias e de 41 a 47 dias, respectivamente, na fase de diferenciação floral. Alguns estudos têm apresentado os períodos de juvenilidade do sorgo variando de 14 a 21 dias (19), 5 a 9 dias (1) e 19 dias (9). A importância desta variabilidade está no fato de poder ser explorada no melhoramento de plantas, a fim de aumentar o período de juvenilidade de cultivares precoces, essenciais em regiões onde os dias curtos induzem o florescimento precoce do sorgo.

Estádio de Crescimento 2

As condições climáticas predominantes na região de cultivo do sorgo 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.

Nesta avaliação, constatou-se que os cultivares forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 apresentaram maior número de dias do EC 2 nas semeaduras de abril, sendo de grupo de média superior ao da semeadura de maio e março, que diferiram entre si (Quadro 3). Na semeadura de março os valores obtidos com o AG 2002 e BR 501 pertenceram ao mesmo grupo de médias da semeadura de outubro. Os maiores resultados obtidos em abril, maio e março são atribuídos à diminuição da temperatura média a partir do final de abril (Figura 1), que coincidiu com o início do EC 2, ocasionando redução no desenvolvimento das plantas.

QUADRO 3 – Valores médios do número de dias do estágio de crescimento 2 (EC 2) obtidos na avaliação de cultivares de sorgos forrageiro, duplo propósito e corte e pastejo no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Cultivares	Ensaio							
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Forrageiros								
AG 2002	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
BR 501	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
BR 506	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
BR 601	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
BR 602	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
BR 700	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
Duplo Prop.								
AG 2005E	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
Massa 03	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
Corte e Past.								
AG 2501C	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
BRS 800	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..

Os menores grupos de médias do EC 2 do AG 2002, BR 501 e BR 601 foram obtidos nas sementeiras de dezembro a fevereiro, acrescido do de novembro para o BR 501 (Quadro 3). Para o BR 506, o menor valor foi verificado na sementeira de outubro e dezembro e, para BR 602, de dezembro e fevereiro. Com o BR 700, os menores valores do EC 2 foram observados nas sementeiras de dezembro e janeiro. Esses resultados são justificados pelas temperaturas mais elevadas durante este estágio, como sugerido por Pauli et al. (25) e Craufurd e QI (9).

Os cultivares AG 2005E, Massa 03, AG 2501C e BRS 800 apresentaram maior número de dias do EC 2 nas sementeiras de abril e maio, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias, sendo superiores aos obtidos em março (Quadro 3). Os maiores valores verificados 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), que ocasionaram o retardamento do desenvolvimento das plantas. Em contrapartida, o cultivar AG 2501C apresentou o menor número de dias nas sementeiras de dezembro e fevereiro, seguidos dos meses de outubro, novembro e janeiro, pertencendo ao mesmo grupo de médias. Resultados semelhantes foram obtidos com o AG 2005E. Com o BRS 800, constataram-se menores valores do EC 2 nas sementeiras de outubro, novembro e fevereiro, que não diferiram entre si. Isto é justificado pela maior temperatura média no período do EC 2, ocasionando maior desenvolvimento das plantas, como destacado por Birch et al. (4), Bonhomme (5) e Tan et al. (27). O cultivar Massa 03, semelhantemente ao observado no EC 1, apresentou um comportamento estável nas sementeiras realizadas de outubro a fevereiro, cujos valores de EC 2 se encontravam em um mesmo grupo de médias (Quadro 3).

Diante dos resultados obtidos com os sorgos de duplo propósito e os de corte e pastejo, constata-se que o cultivo no período de verão (sementeiras em outubro, novembro e dezembro) ou na safrinha (janeiro e fevereiro) apresentou valores semelhantes de EC 2, demonstrando comportamento estável nestas épocas. Todos os resultados obtidos foram atribuídos aos efeitos da temperatura, estando de acordo com os de Craufurd e QI (9). Esses autores verificaram, em uma variedade de sorgo sensível ao fotoperíodo, que a fase da diferenciação floral ao florescimento apresentou relação apenas com a temperatura.

Para o BR 506, verificou-se maior número de dias do EC 2 nas sementeiras 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 de EC 2 do 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 (9, 28). Além do mais, na sementeira de março, o início do EC 2 coincidiu com a redução da temperatura média (Figura 1), atrasando o desenvolvimento das plantas (5).

O cultivar de duplo propósito AG 2005E apresentou o menor período do EC 2 em todas as épocas de semeaduras (Quadro 3), com exceção das semeaduras de janeiro e maio. A maior precocidade do 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 encontrados por Pauli et al. (25), que verificaram valor médio de 31 dias para o EC 2, e semelhantes aos de Craufurd et al. (8), Huda (18) e de Craufurd e QI (9), nas semeaduras de outubro a fevereiro.

Estádio de Crescimento 3

Durante o EC 3, temperaturas mais elevadas não causaram prejuízos ao desenvolvimento dos grãos. Em contrapartida, as baixas temperaturas registradas no final do EC 2 diminuíram a produção de pólen e a esterilidade dos grãos, conforme destacado por Peacock e Heinrich (26) e Paul (24). 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), justificada 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 1,0°C em algumas noites do mês de julho.

Quando se avalia o efeito das épocas de semeaduras, no cultivo verifica-se que o AG 2005E e AG 2501C apresentaram o maior grupo de média do EC 3 na semeadura de abril, seguido de igual grupo em maio e março, (Quadro 4). Resultados semelhantes foram obtidos com o Massa 03, cujos resultados diferiram entre si. As baixas temperaturas registradas durante o período de maturação dos cultivares fizeram com que as plantas apresentassem menor crescimento, como destacado por Craufurd e QI (9).

Verificou-se menor número de dias do EC 3 do AG 2005E nas semeaduras de outubro a janeiro, e do AG 2501C de outubro a dezembro, devido a temperaturas adequadas ao desenvolvimento das plantas. Desempenho semelhante teve o cultivar Massa 03, sendo o grupo de média de menor valor observado na semeadura de novembro (21, 25 dias). Esses resultados estão de acordo com os de vários trabalhos para sorgo (25 e 9) e milho (13, 28). Com o BRS 800, o menor valor do EC 3 foi obtido na semeadura de outubro (16,50 dias), 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 semeados de outubro a janeiro, os cultivares apresentaram um comportamento estável da fase de floração à de grãos farináceos.

QUADRO 4 – Valores médios do número de dias do estágio de crescimento 3 (EC 3), obtidos na avaliação de cultivares de sorgos forrageiro, duplo propósito e corte e pastejo no ano agrícola 1999/2000, Coimbra (MG)

Ensaio								
Cultivares	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Forrageiros								
AG 2002	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
BR 501	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
BR 506	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
BR 601	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
BR 602	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
BR 700	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
Duplo Prop.								
AG 2005E	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
Massa 03	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
Corte e Past.								
AG 2501C	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
BRS 800	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-Knot, a 5% de probabilidade.

Para os cultivares forrageiros AG 2002 e BR 601, o grupo de maior EC 3 foi obtido na semeadura de abril, seguido do grupo composto de maio e março (Quadro 4). O BR 602 apresentou comportamento semelhante, sendo o maior valor verificado em abril, seguido das semeaduras de março, maio e fevereiro, sendo as duas últimas pertencentes ao mesmo grupo de médias. Os demais cultivares forrageiros (BR 501, BR 506 e BR 700) apresentaram grupos de maior valor na semeadura 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. Verificou-se que o primeiro cultivar apresentou maior estabilidade do EC 3, pois os valores obtidos nas semeaduras realizadas de outubro a janeiro apresentaram-se como o grupo de menores médias. Com o BR 700, o menor valor foi verificado na semeadura de novembro (20,75 dias), seguida dos meses de outubro, dezembro e janeiro no mesmo grupo de médias.

Para os cultivares AG 2002 e BR 601, as semeaduras de outubro e novembro tiveram os menores valores do EC 3, seguidas de dezembro a fevereiro, para o AG 2002, e de janeiro e fevereiro para o BR 601 (Quadro 4). O BR 501 apresentou menor valor nas semeaduras de outubro e dezembro, seguidos dos meses de novembro, janeiro, fevereiro e abril, os quais pertenceram ao mesmo grupo de médias. O BR 506 possuiu menor período do EC 3 nas semeaduras de dezembro, janeiro e maio, seguidas de outubro, novembro e abril, cujos valores estiveram no mesmo grupo de médias. Os menores resultados obtidos com os cultivares forrageiros se devem à coincidência do período de maturação com temperaturas mais elevadas (Figura 1), proporcionado maior crescimento das plantas, conforme destacado por Paul (24).

Quando se observa o desempenho dos cultivares em cada época de semeadura, verifica-se que somente o BRS 800 foi de grupo inferior aos demais cultivares na semeadura de janeiro, apresentando o menor valor (23,25 dias). Nas demais épocas, os cultivares que apresentaram 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 (Quadro 4), atribuído ao fato desse cultivar ter sido melhorado para o uso de corte verde ou pastejo direto. Nessas 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 agronômica que BRS 800, a maior

precocidade do estágio EC 3 somente foi verificada nas sementeiras de novembro, dezembro e fevereiro, cujos valores pertenceram ao mesmo grupo de médias do BRS 800. A precocidade do EC 3 contribuir para o menor ciclo do sorgo, podendo-se praticar dois ou, até mesmo, três cultivos ao ano.

Além desses dois cultivares, o menor EC 3 foi observado nas sementeiras 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) (Quadro 4). Estes cultivares devem ser recomendados para as regiões sujeitas às baixas temperaturas e, ou, com ausência de precipitação em determinados períodos do ano, fazendo com que o final da fase de maturação coincida com o início do período de estresse. Para as sementeiras de outubro a fevereiro, os resultados obtidos assemelham-se aos de Pauli et al. (25) (31 dias) e são inferiores aos de Huda (18) (34 dias).

Apesar da resposta dos cultivares de sorgo à variação do fotoperíodo e da temperatura, exigem-se cuidados na extrapolação dos resultados para foram ser observados em todos os meses, constatando a sensibilidade dos cultivares avaliados aos fatores climáticos.

CONCLUSÕES

1) Os sorgos forrageiros AG 2002, BR 501, BR 601, BR 602 e BR 700 apresentaram sensibilidade ao fotoperíodo, enquanto AG 2005E, AG 2501C, BR 506, BRS 800 e Massa 03 não se mostraram sensíveis.

2) O BR 506 apresentou o maior período de juvenilidade, e o BRS 800 foi o mais precoce para o estágio de crescimento 1 (diferenciação floral).

3) Apenas a temperatura apresentou efeito nos estádios de crescimento 2 e 3. As baixas temperaturas durante a floração causaram a redução do número de grãos do sorgo.

4) Os cultivares de duplo propósito e os de corte e pastejo apresentaram maior número de dias do estágio de crescimento 2 nas sementeiras de abril e maio, apresentando comportamento estável de outubro a fevereiro. O AG 2005E apresentou o menor valor para essa característica na maior parte das sementeiras.

5) O BRS 800 e o BR 506 apresentaram o menor e o maior número de dias do estágio de crescimento 3 na maioria das sementeiras, respectivamente. Para todos os cultivares, de modo geral, os menores valores foram verificados nas sementeiras de outubro a janeiro e os maiores em abril, março e maio.

REFERÊNCIAS

1. 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*, 55(1-2): 1-10, jan.1998.
2. ALLEN, R.R. & MUSICK, J.T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. *Transactions of the ASAE*, 36(4): 1123-9, july-aug. 1993.
3. ANDA, A. & PINTER, L. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. *Agronomy Journal*, 86(4): 621-4, july/aug.1994.
4. 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*, 55: 93-107, 1998.
5. BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. *European Journal of Agronomy*, 13: 1-10, 2000.
6. CADDEL, J.L. & WEIBEL., D.E. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. *Agronomy Journal*, 63: 799-803, sep./oct.1971.
7. 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.
8. 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*, 29: 61-76, 1993.
9. CRAUFURD, P.Q. & QI, A. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108: 199-211, 2001.
10. 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*, 38: 942-7, july/aug.1998.
11. 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*, 79(2): 169-78, 1997.
12. 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*, 37(5): 495-512, 1986.
13. 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*, 57(3): 377-83, jul./set.2000.
14. GATES, C.E. & BILBRO, J.D. Illustration of a cluster analysis method for mean separation. *Agronomy Journal*, 70, may/june.1978.
15. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba: NOBEL. 13.ed., 1990. 466p.
16. GRENIER, C.; BRAMEL-COX, P.J. & HAMON, P. Core Collection of Sorghum: I. Stratification based on eco-geographical data. *Crop Science*, 41(1): 234-40, 2001.
17. 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*, 29: 376-84, 1989.
18. HUDA, A.K.S. Simulation growth and yield responses of sorghum to changes in plant density. *Agronomy Journal*, 80(3): 541-7, may/june.1988.
19. KARANDE, B.I.; VARSHNEYA, M.C. & NAIDU, T.R.V. Photoperiodically sensitive time interval for panicle initiation of sorghum. *Indian Journal of Plant Physiology*, 1(4): p.258-61, oct./dec.1996.

20. 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*, 22(9/10): 951-8, set./out.1987.
21. MARTIN, V.L. & VANDERLIP, R.L. Sorghum hybrid selection and planting management under moisture limiting conditions. *Journal of Production Agriculture*, 10(1): 157-63, jan./mar.1997.
22. 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*, 83(2): 448-50, 1987.
23. OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.
24. PAUL, C.L. *Agronomia del sorgo*. Patancheru: ICRISAT, 1990. 301p.
25. 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*, 4(1): 10-13, 1964.
26. 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, 1984, p.143-58.
27. 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*, 84: 227-43, 2000.
28. 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*, 62: 15-21, 1999.
29. TOMÉ JÚNIOR, J.B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.