Universidade Federal Rural do Semiárido
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema

ISSN 0100-316X (impresso)
ISSN 1983-2125 (online)

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE GRAMÍNEAS SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO[1]

EDNA MARIA BONFIM-SILVA[2*], TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA[2], CARLOS EDUARDO AVELINO CABRAL[3], BRUNA ELUSA KROTH[2], DIOGO REZENDE[2]

RESUMO - Objetivou-se por este trabalho, avaliar o efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial de plantas de milho, sorgo e milheto. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, no período de maio a junho de 2010. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, com três disponibilidades hídricas (30, 60% da capacidade de campo e alagado), três gramíneas (milho, sorgo e milheto) e três repetições. A umidade do solo foi mantida por meio de manutenção de peso das parcelas experimentais. As variáveis avaliadas foram: altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de folhas e leitura SPAD. O milho, sorgo e milheto apresentam maior desenvolvimento inicial na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo, sendo essa a condição que proporciona maior leitura SPAD. O sorgo apresenta tolerância ao alagamento e ao déficit hídrico, ao contrário do milho que é sensível a essas duas condições e do milheto que é tolerante apenas ao déficit hídrico.

Palavras-chave: Alagamento. Déficit hídrico. *Pennisetum americanum*. *Sorghum bicolor*. *Zea mays*.

INITIAL DEVELOPMENT OF GRASSES UNDER WATER STRESS

ABSTRACT - The objective of this paper was to evaluate the effect of water availability in the initial development of maize, sorghum and millet. The experiment was carried at Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Rondonopolis the period from May to June 2010. The design was completely randomized in factorial 3x3, with three water availability (30, 60% field capacity and flooded soil), three grasses (maize, sorghum and millet) and three replications. Soil moisture was maintained by the weight of the experimental plots. The variables were: plant height, dry weight of shoots, leaf number and SPAD. Maize, sorghum and millet gets greater development in water availability of 60% of field capacity, and this condition provides the highest SPAD reading. The sorghum is tolerant to flooding and drought, unlike maize which is sensitive to these conditions and millet that is tolerant to drought only.

Keywords: Flooding. Water deficit. *Pennissetum americanum*. *Sorghum bicolor*. *Zea mays*.

*Autor para correspondência.
[1]Recebido para publicação em 12/08/2010; aceito em 06/11/2010.
[2]Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UFMT, Campus Universitário de Rondonópolis, 78735-901, Rondonópolis - MT; embonfim@hotmail.com; tonny.silva@pq.cnpq.br; bru_ellusa@hotmail.com; diogodr8@hotmail.com
[3]Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, UFMT, Campus Cuiabá, 78060-900, Cuiabá - MT; carlos.eduardocabral@hotmail.com

INTRODUÇÃO

As gramíneas possuem participação expressiva na alimentação animal, tanto como volumosos, concentrados e na integração lavoura-pecuária, sendo esta última uma alternativa que tem se mostrado promissora (PEREIRA et al., 2009). Essas plantas são a fonte basal de alimentos para os ruminantes nos trópicos, nos quais 96,9% são criados e terminados à pasto (ANUALPEC, 2008), o que reduz o custo da produção e torna a carne mais competitiva no mercado internacional. Contudo, a atividade possui o entrave da estacionalidade, período em que essas gramíneas são submetidas ao déficit hídrico e/ou baixas temperaturas, além de ocuparem área com ampla restrição para o cultivo, o que envolve solos com alta declividade, arenosos ou sujeitos a alagamento. O desenvolvimento de variedades produtoras de grãos para alimentação animal que se desenvolvam sob ambientes adversos é essencial, uma vez que as culturas anuais tem sido o recurso para que pecuaristas renovem as suas pastagens com redução de custo, e o arroz tem sido a única opção para produtores de áreas sujeitas ao alagamento.

A deficiência hídrica provoca alterações no desenvolvimento das plantas e da área foliar, e esta última determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta a déficit hídrico (SANTOS; CARLESSO, 1998). A produção possui estreita relação com a área foliar, que é uma característica relevante no desenvolvimento inicial de gramíneas, visto que as folhas são fonte de fotoassimilados para o desenvolvimento das raízes, que são estruturas que participam da assimilação de nutrientes e desempenham importante papel na resistência ao déficit hídrico.

As plantas sujeitas ao alagamento possuem sua condutância estomática afetada e reduz as taxas de fotossíntese e de crescimento, resultando em queda da produção da parte aérea e de raízes. Contudo, as plantas desenvolvem certos mecanismos de adaptação metabólica, que envolve a respiração anaeróbica, o desenvolvimento de aerênquima e formação de raízes adventícias (MATTOS et al., 2005).

As culturas de milho, sorgo e milheto fazem parte da alimentação animal tanto como matéria-prima para silagem, como para produção de concentrados. O milho é uma gramínea altamente suscetível ao estresse hídrico (MAGALHÃES; DURÃES, 2006), o que tem motivado estudos que desenvolvam cultivares tolerantes a adversidades ambientais (PIMENTEL et al., 1999; COSTA, 2008).

O cultivo de sorgo tem crescido no Brasil. O sorgo é uma cultura de menor custo de produção, em comparação ao milho, e possui 95% do seu valor biológico (FIALHO et al., 2002). O sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse (AMARAL et al., 2003).

O milheto tem sido também utilizado na alimentação animal, tanto no pastejo, como substituto de grãos de mais alto custo (PINHEIRO et al., 2003; BASTOS et al., 2004; BASTOS et al., 2006). É uma cultura que exige baixo investimento econômico, além de produzir boa quantidade de grãos nas condições do Cerrado, onde ocorrem altas temperaturas, solos ácidos e baixos teores de matéria orgânica.

Dessa forma, objetivou-se por este trabalho, avaliar o efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial de plantas de milho, sorgo e milheto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições controladas de umidade do solo, na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis. Cada parcela experimental consistiu em vaso de 2 dm^3 de solo. O solo utilizado foi Latossolo Vermelho proveniente da área rural de Rondonópolis, coletado da camada de 0-20 cm de profundidade.

A capacidade máxima de retenção de água do solo ou capacidade de campo foi determinada em laboratório em vasos do mesmo volume utilizado no experimento, em três repetições. Os vasos foram preenchidos com terra fina seca ao ar, pesados e colocados em bandejas plásticas. Adicionou-se água até dois terços da altura dos vasos, para que a mesma saturasse o solo por capilaridade, de modo a retirar todo oxigênio contido em seus poros. Após a saturação do solo os vasos foram retirados da bandeja e colocados sobre um suporte para se observar a drenagem da água não retida. Ao cessar a drenagem, os vasos foram novamente pesados e por diferença obteve-se a capacidade de campo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, com três gramíneas (milho, sorgo e milheto), três disponibilidades hídricas (30%, 60% da capacidade de campo e solo alagado), com três repetições. Por solo alagado definiu-se a manutenção da lâmina de água a dois centímetros acima da superfície do solo.

Utilizou-se a variedade de milheto ADR 500 e os híbridos AGN 3050 e Pionner 85G79, para o milho e sorgo, respectivamente. O uso dessa variedade e híbridos justifica-se pela tolerância a seca afirmada pelas empresas comercializadoras e pelo uso contínuo no Cerrado matogrossense em safrinha.

A semeadura foi realizada com dez sementes por vaso. Aos 15 dias após a emergência das plantas foi realizado desbaste deixando-se cinco plantas por vaso. No dia do desbaste também foi realizada uma adubação básica de plantio de acordo com a análise do solo (Tabela 1). Após esta etapa iniciou-se a aplicação dos tratamentos.

Tabela 1. Resultados de análises químicas e físicas de amostra do Latossolo Vermelho na profundidade de 0-20 cm.

pH		P	K	Ca	Mg	H	m	M.O	Areia	Silte	Argila
H_2O	$CaCl_2$	mg dm^{-3}		cmol$_c$ dm^{-3}			%		g kg^{-1}		
4,9	4,3	2,2	30	0,2	0,1	3,8	70	10,7	600	100	300

Diariamente uma amostra de cada tratamento era pesada, com objetivo de repor a água consumida por evapotranspiração. Vinte dias após o desbaste foi realizado a contagem das folhas, determinação da altura de plantas, leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) nas folhas diagnósticas (+1 e +2) com clorofilômetro clorofiLOG®. O SPAD é um método não destrutivo, rápido e simples, que fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila presente na folha. Por ocasião das avaliações foi realizado o corte das plantas rente ao solo.

Para determinação da massa seca, as plantas foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada a 65ºC $\pm$ 5 ºC, até atingir massa constante.

As variáveis avaliadas foram: altura de plantas, massa seca da parte aérea, números de folhas e leitura SPAD.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, adotando-se nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à altura de plantas, número de folhas e massa seca da parte aérea (MSPA) houve interação entre as gramíneas e as disponibilidades hídricas. Para leitura SPAD houve efeito somente da disponibilidade hídrica. Essas respostas observadas comprovam que a disponibilidade hídrica interfere no estabelecimento das gramíneas avaliadas.

Na cultura do milho, o número de folhas foi maior na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo (Figura 1A), o que demonstra maior avanço no seu desenvolvimento, cujo estádio fenológico era V4-V5. O milho apresentou menor desenvolvimento na disponibilidade hídrica de 30% da capacidade de campo, o que permite inferir que esta cultura apresenta baixa tolerância à seca em seu desenvolvimento inicial. A intolerância do milho a baixas disponibilidades hídricas já foram referidas por Magalhães et al. (2006), Bergamash et al. (2006) e Costa et al. (2008a).

O milho apresentou maior massa seca da parte aérea na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo (Figura 1B), o que indicou que essa condição foi a que proporcionou melhor crescimento inicial dessa planta. Houve redução na massa seca da parte aérea nas demais disponibilidades hídricas (30% da capacidade de campo e alagamento), o que confirma que a cultura do milho apresenta sensibilidade ao estresse hídrico, seja por escassez ou por excesso de água, na sua fase inicial de desenvolvimento. Costa et al. (2008a) também observaram redução na massa seca da parte aérea a medida que diminuiu a água disponível para a cultura do milho. O déficit hídrico acarreta no fechamento estomático, limita absorção de nutrientes e reduz a eficiência do aparato fotossintético (SILVA et al., 2006). Já o conhecimento sobre as limitações de desenvolvimento do milho sob condições de alagamento motivou o desenvolvimento da variedade Saracura. Alves et al. (2007) descreveram que essa variedade adota os seguintes mecanismos de sobrevivência a condições anaeróbias: alta recuperação fotossintética após o período de estresse e desenvolvimento de aerênquima no colmo e raízes.

As plantas de milho tiveram sua altura diferenciada sob as condições avaliadas, sendo a maior altura observada na disponibilidade de 60% da capacidade de campo (Figura 1C). Nas demais disponibilidades, as plantas de milho apresentaram a mesma altura. Carlesso e Santos (1999) ao avaliarem o crescimento de milho em condição de estresse hídrico, cultivado sob texturas de solo, observaram redução na altura de plantas de milho sob estresse hídrico.

O sorgo, em semelhança ao milho, apresentou maior desenvolvimento na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo (Figura 2A). Essa cultura evidenciou maior tolerância ao estresse hídrico, devido a mesma produção de massa seca da parte aérea e altura de plantas em todas as disponibilidades hídricas (Figura 2B e 2C), o que corrobora com os resultados de Amaral et al.(2003). Carlesso et al. (1997) observaram que o sorgo sob déficit hídrico apresentou diminuição na altura de plantas. Singh e Singh (1995), ao compararem milho, milheto e sorgo, concluíram que o sorgo pode ser cultivado sob o fornecimento irregular e inadequado de água, em regiões semi-áridas, pois apresentou melhores índices de fotossíntese líquida do dossel e índice de área foliar. Essa maior tolerância do sorgo ao déficit hídrico favorece sua utilização na segunda safra, período em que ocorre redução das precipitações.

O número de folhas do milheto foi superior nas disponibilidades hídricas de 30 e 60% (Figura 3A), o que demonstra que essa cultura apresenta maior restrição em se estabelecer sob condição de alagamento. Entretanto, com relação a massa seca da parte aérea, o milheto teve sua maior produção na disponibilidade de 60% de capacidade de campo (Figura 3B), o que permite inferir que embora a cultura tenha emitido o mesmo número de folhas nas disponibilidades de 30 e 60% de capacidade de cam-

po, houve menor acúmulo de massa seca nas folhas submetidas a disponibilidade de 30%. Isso demonstra que não houve atraso no desenvolvimento, porém ocorreu comprometimento na produção de massa seca.

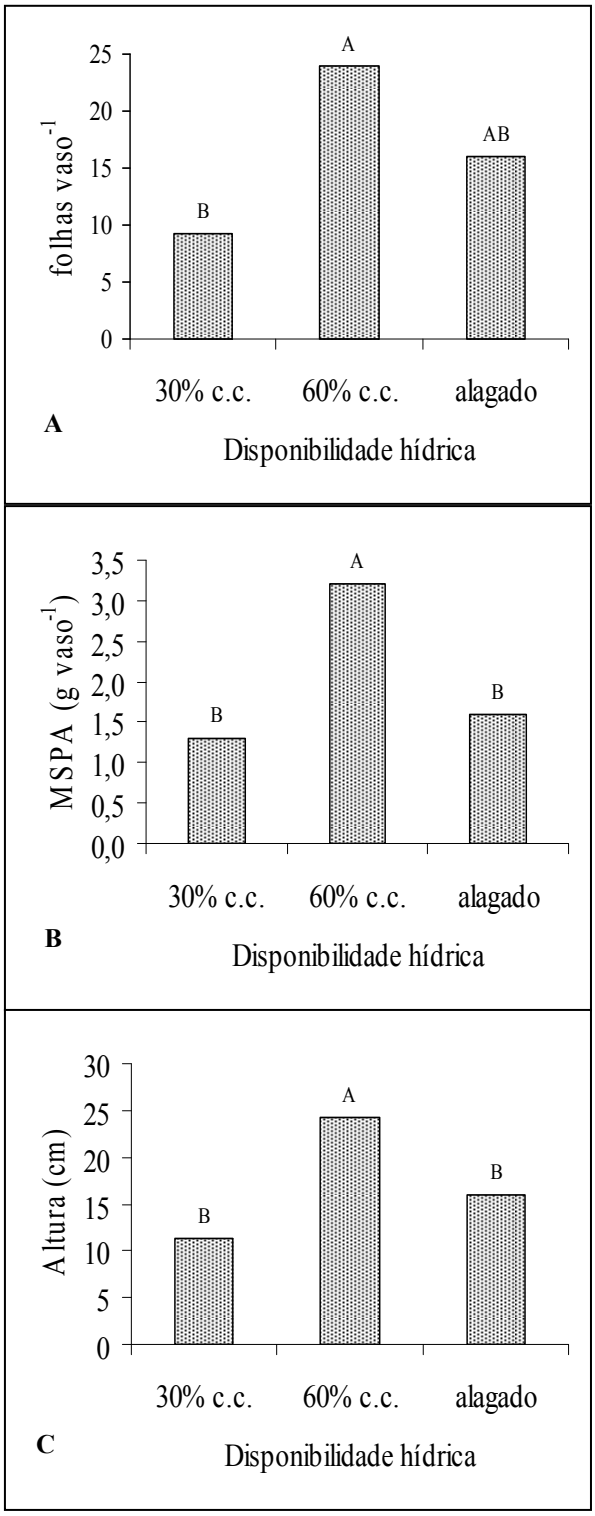

Figura 1. Número de folhas (A), massa seca da parte aérea (B) e altura das plantas de milho (C) sob as disponibilidades hídricas (c.c. = capacidade de campo).
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

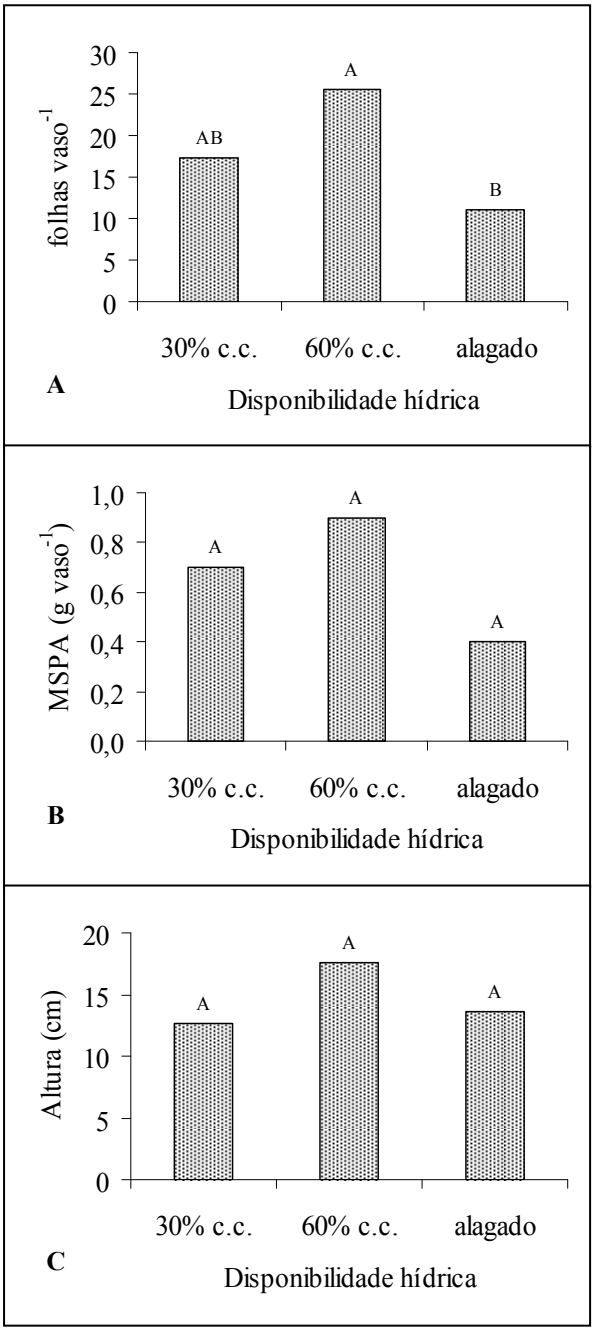

Figura 2. Número de folhas (A), massa seca da parte aérea (B) e altura das plantas de sorgo (C) sob as disponibilidades hídricas (c.c. = capacidade de campo).
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O milheto apresentou a mesma altura sob a disponibilidade hídrica de 30 e 60% da capacidade de campo, comportamento semelhante ao número de folhas (Figura 3C). Esses resultados confirmam que o milheto, embora tenha restrição na massa seca da parte aérea, apresentou maior tolerância ao déficit hídrico do que ao alagamento. Barreto et al. (2001) ao compararem clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) com um híbrido interespecífico de capim-elefante com o milheto (*Pennisetum glaucum*), sob déficit hídrico, concluíram que o hí-

brido (capim elefante + milheto) apresentou maior altura em relação aos demais tratamentos, o que demonstra que o milheto possui participação relevante no melhoramento do capim-elefante mais tolerante ao estresse hídrico.

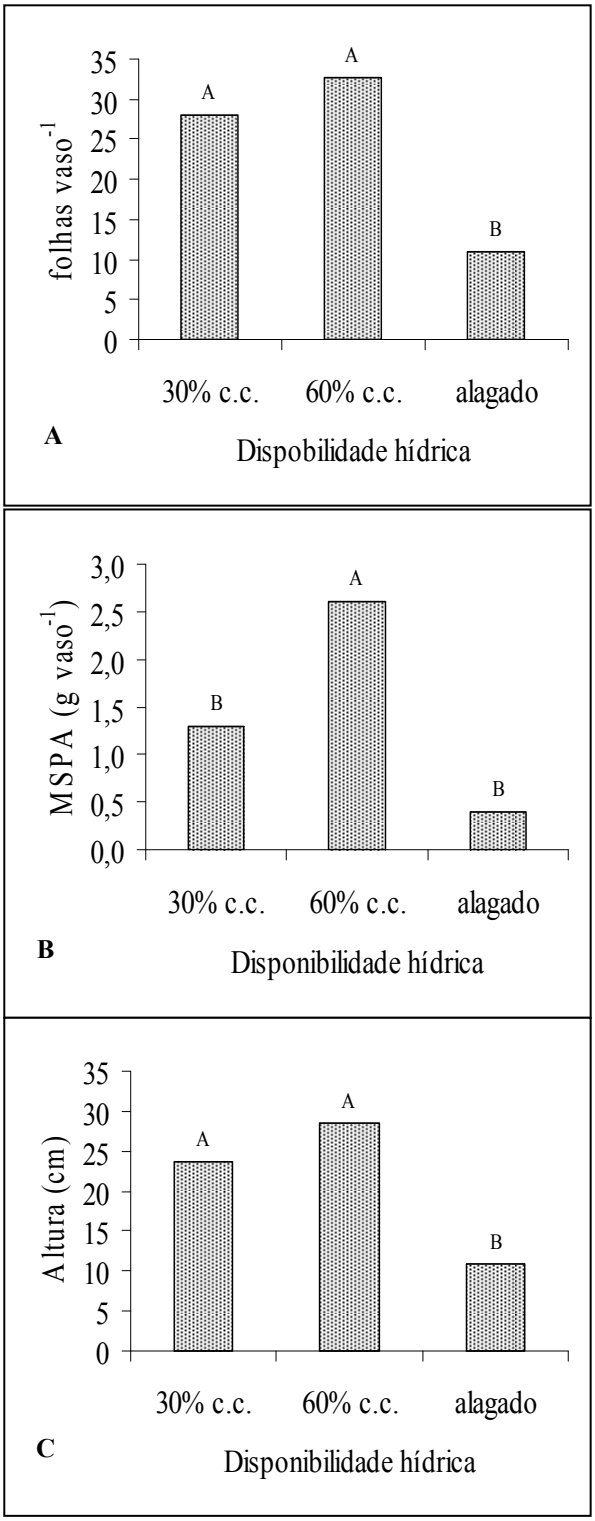

Figura 3. Número de folhas (A) e massa seca da parte aérea (B) e altura de plantas de milheto (C) sob as disponibilidades hídricas (c.c. = capacidade de campo).
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No que se refere à leitura SPAD, não houve interação entre fatores e nem diferença entre as espécies, ocorrendo apenas diferença entre as disponibilidades hídricas (Figura 4). O maior valor SPAD foi observado nas plantas submetidas à disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo. Como a leitura SPAD está diretamente relacionada com avaliação da nutrição nitrogenada, pode-se inferir que a disponibilidade hídrica influenciou o metabolismo do nitrogênio, uma vez que existe correlação positiva entre a leitura SPAD e a concentração de nitrogênio nas folhas de gramíneas (ZOTARELLI et al., 2003; LIMA et al., 2007; COSTA et al., 2008b). O déficit hídrico pode comprometer tanto a absorção de nutrientes, pelo fechamento de estômatos que reduz o fluxo de água nas plantas, como pela alteração na fotossíntese. A água é importante no fluxo de elétrons, acarreta em desestruturação do aparato fotossintético, que assim, compromete a produção de energia que seria utilizada no metabolismo do nitrogênio e demais nutrientes. Por outro lado, o excesso de água acarreta déficit de oxigênio, e este, na cadeia transportadora de elétrons é um importante aceptor final de elétrons. Na ausência de oxigênio, ocorre interrupção do transporte de elétrons, e dessa forma não ocorre a formação de ATP, molécula importante na formação da glutamina (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além desses fatores, sob condição de alagamento, o nitrogênio do solo é perdido na forma de N_2 e N_2O, devido o processo de desnitrificação, o que diminui a quantidade de nitrogênio disponível para gramíneas submetidas ao alagamento.

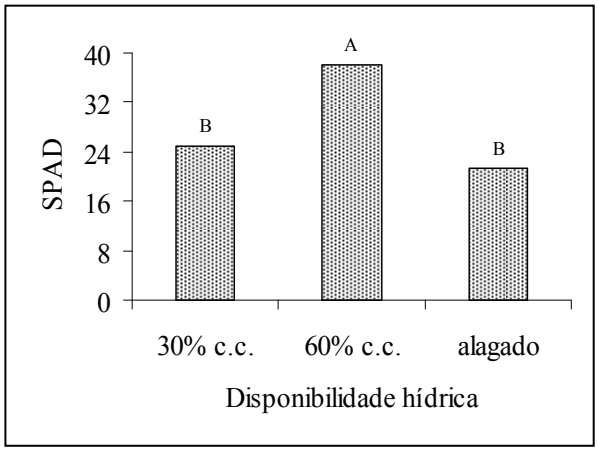

Figura 4. Leitura SPAD das gramíneas sob as disponibilidades hídricas.
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O milho, sorgo e milheto apresentam maior desenvolvimento inicial na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo, sendo essa a condição que proporciona maior leitura SPAD;

O sorgo apresenta tolerância ao alagamento e ao déficit hídrico, ao contrário do milho que é sensível a essas duas condições e do milheto que é tolerante apenas ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. et al. Mecanismos de tolerância da variedade de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 41-52, 2002.

AMARAL, S. R. et al. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 973-979, 2003.

ANULPEC 2008. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 380 p.

BARRETO, G. P. et al. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos a estresse hídrico. 1. Parâmetros morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 1-6, 2001.

BASTOS, A. O. et al. Efeitos da inclusão de níveis crescentes de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 98-103, 2006.

BASTOS, A. O. Utilização do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30 kg de peso vivo). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1915-1919, 2004.

BERGAMASH, H. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

CARLESSO, R. et al. Resposta do sorgo granífero a déficits hídricos aplicados durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 211-215, 1997.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Crescimento de plantas de milho submetidas a déficit hídrico em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 27-33, 1999.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. N.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008a.

COSTA, K. A. P. et al. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 1601-1607, 2008b.

FIALHO, E. T. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 105-111, 2002.

LIMA, E. V. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com o N total na folha de painço (*Panicum miliaceum* L.) em função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 2, p. 149-158, 2007.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 6 p. (Circular Técnica, 116)

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76)

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria* sob alagamento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 765-763, 2005.

OLIVEIRA, R. L. Fontes de lipídeos na dieta de búfalas lactantes: consumo, digestibilidade e N-uréico plasmático. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 553-559, 2009.

PEREIRA, R. G. et al. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 64-71, 2009.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2021-2027, 1999.

PINHEIRO, M. S. M. et al. Milheto moído em substituição ao milho em rações para suínos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 99-109, 2003.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, M. N. P. et al. Eficiência fotoquímica de

gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

SINGH, B. R.; SINGH, D. P. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and Pearl millet to irrigation. **Field Crops Research**, v. 42, n. 2, p. 57-67, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.