

**Conteúdo Relativo de Água, Transpiração e Condutância Estomática em Folhas de Sorgo Submetidas ao Estresse Hídrico e a Diferentes Concentrações de Silício**  
Jaomara Nascimento da Silva<sup>1</sup>, Jonny Lucio de Sousa Silva<sup>2</sup>, Luma Castro de Souza<sup>3</sup>,  
Jackeline Araújo Mota Siqueira<sup>4</sup>, Myriam Galvão Neves<sup>5</sup>; Lilian Matias de Oliveira<sup>6</sup>; Carla  
Carolynne Resueno Coelho<sup>7</sup>; Antonia Gilcileia Cunha da Conceição<sup>8</sup> e Cândido Ferreira de  
Oliveira Neto<sup>9</sup>

<sup>1,5,6,7,8</sup> Acadêmicas do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA, Capitão Poço, PA. <sup>1</sup>ns\_jaomara@hotmail.com, <sup>5</sup>agronomyriam@hotmail.com, <sup>6</sup>lillianoliveira4@hotmail.com, <sup>7</sup>karlynha-000@hotmail.com, <sup>8</sup>gilcileia.cunha@gmail.com, <sup>2,3,4</sup> Engenheiros Agrônomo, UFRA, PA. <sup>3</sup>jonnylucios.silva@hotmail.com, <sup>4</sup>lumasouza30@hotmail.com, <sup>5</sup>jackelinearaujo86@hotmail.com e Prof. Doutor da UFRA, Capitão Poço, PA. <sup>9</sup>candido.neto@ufra.edu.br

**RESUMO** - A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é originária da África. Dentre os fatores abióticos, a deficiência hídrica é uma das principais limitações ambientais que influenciam a produção das culturas no planeta. As armazenagens de silício junto à cutícula das folhas dão proteção aos vegetais e dessa forma acaba amenizando os efeitos de estresses de natureza biótica e abiótica. O objetivo deste trabalho é estudar o conteúdo relativo de água, transpiração e condutância estomática em folhas de sorgo submetidas ao estresse hídrico e diferentes concentrações de silício. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA - Capitão Poço), onde foram utilizadas plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [Moench.]) forrageiro da variedade BR-700. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 2 x 4, com duas [2] condições hídricas: controle, déficit hídrico [(sem Si) e (com Si) [4] quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7 repetições. Os tratamentos com silício a 0,5 e 1,5 mM foram que responderam melhor às variáveis analisadas e mantiveram maior resistência ao estresse hídrico.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor* [L.] Moench, estresse abiótico, metassilicato de sódio.

### Introdução

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é originária da África, no deserto do Saara, na região da Etiópia e do Sudão, com gênero ancestral de 5.000 a 6.000 anos (Costa et al., 2004). Vem crescendo no Brasil o cultivo do sorgo. Além de ser uma cultura de baixo custo de produção, quando comparada ao milho, possui 95% do seu valor biológico (FIALHO et al., 2002). Essa cultura apresenta características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou reduzir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e, após o término desse período de estresse, as plantas conseguem até mesmo crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse (AMARAL et al., 2003).

Para Nogueira et al. (1998), o estresse hídrico geralmente eleva a resistência difusiva ao vapor d'água pelo fechamento dos estômatos, diminuindo dessa forma a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese. Além disso, é considerado um

desvio significativo das condições ótimas para a vida, que estimula as alterações e respostas nos níveis funcionais dos organismos, os quais são reversíveis no começo, podendo se tornar definitivo (LARCHER, 2006). Segundo Chaves e Oliveira (2004), dentre os fatores abióticos, a deficiência hídrica é uma das principais limitações ambientais que influencia a produção das culturas no planeta.

As armazenagens de silício junto à cutícula das folhas dão proteção aos vegetais e, dessa forma, acabam amenizando os efeitos de estresses de natureza biótica e abiótica (EPSTEIN,1999). O silício ocorre freqüentemente com maior freqüência nas regiões nas quais a água é perdida em quantidade elevada, isto é, na epiderme foliar junto às células-guarda dos estômatos e na célula epidérmica. A armazenagem de sílica nos tecidos foliares estimula a redução da taxa de transpiração (DAYANANDAM et. al., 1983). Segundo Nolla et al., (2005), os principais benefícios do silício nas plantas são o aumento da tolerância ao estresse hídrico, a elevada capacidade fotossintética, a redução no acamamento, a menor transpiração e a maior resistência ao ataque de pragas e doenças, confirmando, dessa forma, do ponto de vista fisiológico, a sua “essencialidade agrônômica”.

O objetivo deste trabalho é estudar o conteúdo relativo de água, transpiração e condutância estomática em folhas de sorgo submetidas ao estresse hídrico e a diferentes concentrações de silício.

### **Material e métodos**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA-Capitão- Poço), onde foram utilizadas plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [Moench.]) forrageiro da variedade BR-700, cujas sementes foram obtidas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), provenientes da safra 2010. Foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade na casa de vegetação por meio de um termohigrômetro digital, entretanto durante o período do cultivo não houve controle do ambiente. A disposição dos vasos foi feito no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas, em distribuição ao acaso. Foram utilizados vasos Leonard modificados para o cultivo das plantas, sendo que cada vaso com substrato continha areia: vermiculita na proporção de 1:2 e irrigados com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 2 x 4, com duas [2] condições hídricas: controle, déficit hídrico [(sem Si) e (com Si) [4] quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7

repetições, totalizando 42 unidades experimentais, em que cada unidade experimental foi composta de duas plantas/vaso. Ao 25º dia após a germinação aplicou-se a deficiência nas plantas e mantida a suspensão hídrica por um período de 7 dias. Após a germinação das plântulas, iniciou-se a aplicação das concentrações de silício (3-4 dias). Foi aplicada a análise de variância aos dados coletados dos resultados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Além disso, foram calculados os desvios-padrões para cada tratamento, sendo as análises estatísticas realizadas com SAS- Institute (1996) e embasadas nas teorias estatísticas preconizadas (GOMES e GARCIA, 2000).

Foram feitas também coletas destrutivas das plantas no estágio vegetativo (30 dias), sempre às 9:00 h da manhã, onde as plantas foram separadas em raiz, colmo e folhas. Em seguida, as partes foram pesadas separadamente para a determinação da massa fresca. Amostras de cada parte foram reservadas para a determinação da porcentagem de umidade através da determinação da massa seca em estufa de circulação forçada de ar a 70° C (+/- 5° C). Imediatamente após a coleta, as partes foram congeladas e mantidas em freezer (- 20 ° C) até a liofilização ou secagem para preparo da farinha das partes. O conteúdo relativo de água foi determinado pelo método descrito por Slavick (1979). As medidas biométricas foram feitas através de um paquímetro e de fita métrica. A transpiração e condutância estomática foram adquiridas através do porômetro portátil de equilíbrio dinâmico (mod. Li 1600, Licor, Nebraska, USA), sob luz e CO<sub>2</sub> ambientais. Foram analisadas as folhas definitivas e totalmente expandidas, nas quais as medições foram feitas às 10:00 h.

### **Resultados e discussão**

O conteúdo relativo de água (Figura 1A), transpiração (Figura 1B) e a condutância estomática (Figura 1C) foram afetadas significativamente em plantas de sorgo submetidas ao estresse hídrico. Para o conteúdo relativo de água foi observado que a deficiência hídrica reduziu-se quando comparadas com as plantas controle (91%), mesmo aumentando as concentrações de silício, porém nas concentrações de silício de 0,5 mM (75%) e 1,0 mM (73%), houve uma maior manutenção de água no tecido foliar em comparação com as concentrações de 1,5 mM (61%) e 2,0 mM (63%) de silício. Esses resultados mostraram que, apesar do aumento do sistema radicular (Figura 1C), a absorção de água do substrato pelo sistema radicular foi reduzida pela grande adsorção entre as moléculas de água e o substrato, o qual possivelmente encontrava-se no ponto de murcha permanente.

Nas concentrações de Si de 0,5 e 1,0 mM, a retenção maior de água no tecido foliar pode estar relacionada com um incremento da parede celular, promovendo uma regulação da transpiração celular. Para as concentrações 1,5 e 2,0 mM de silício, a redução maior dos níveis de água da folha pode ser devido à toxicidade causada pelo silício.

Houve uma redução da taxa transpiratória em função do déficit hídrico (Figura 1B) quando comparada com as plantas controle ( $11,83 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), porém nas concentrações de 0,5 mM ( $6,95 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e 1,0 mM ( $6,88 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) as plantas sofreram uma menor queda da taxa transpiratória em relação aos tratamentos de 1,5 mM ( $4,3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e de 2,0 mM ( $4,13 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Uma das causas que pode ser atribuída à diminuição da transpiração pelo suprimento de água pode ser devido ao decréscimo da condutividade hidráulica das raízes ou pela morte de raízes, causando queda no potencial hídrico das folhas. No entanto, a redução da condutância estomática (Figura 1C), muitas vezes, pode não estar diretamente relacionada com o potencial de água nas folhas. Outros processos podem ser atribuídos ao fechamento dos estômatos, tais como o efluxo de potássio nas folhas de plantas sob estresse, causando perda de turgor; as altas concentrações de etileno e o aumento na produção de ABA nas folhas também são corroborados por Cordeiro (2007).

O acúmulo de silício nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de silício cuticular, a qual, pela espessura, promove uma redução da transpiração e faz com que a exigência de água pelos vegetais seja reduzida. Isso pode ser de grande importância para as gramíneas que crescem em regiões onde o período de estiagem é longo e severo (FARIA, 2000). Estudos desenvolvidos com plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*), por Sonobe et al., (2009), mostraram que concentrações de  $50 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de silício, além do acúmulo, o silício conseguiu ser eficiente em reduzir o estresse hídrico, elevar a condutância estomática, a taxa fotossintética e de transpiração e o peso seco quando comparadas com plantas nas quais não foi adicionado o silício.

As plantas sob déficit hídrico tiveram um aumento da condutância estomática (Figura 1C) em relação às plantas controle ( $1,81 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Esse aumento foi maior para os tratamentos de 1,5 mM ( $6,53 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e de 2,0 mM ( $7,65 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de silício, pois o mesmo está relacionado com o mecanismo de fechamento e de formação de barreiras dos poros estomáticos e, conseqüentemente, uma redução da transpiração (Figura 1B) e da massa seca total da planta.

## Conclusões

A deficiência hídrica promoveu uma redução da transpiração e da condutância estomática em virtude da redução do conteúdo relativo de água. Os tratamentos com silício a 0,5 e 1,5 mM foram que responderam melhor as variáveis analisadas e mantendo uma maior resistência ao estresse hídrico, mostrando assim níveis satisfatórios de concentração de silício ao sistema produtivo do sorgo submetido ao stress hídrico.

### **Literatura Citada**

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.

CHAVES, M.M.; OLIVEIRA; M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 55, p.2365-2384, 2004.

CORDEIRO, Y.E.M. Aspectos biofísicos e bioquímicos de plantas jovens de Mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King R.A) sob dois regimes hídricos. Tese (Mestrado em 37 Agronomia/Biologia Vegetal Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 44f:II, 2007.

COSTA, R. C. L. da; OLIVEIRA-NETO, C. F. de; FREITAS, J. M. de. Parâmetros fisiológicos da planta de sorgo utilizada na produção de silagem. In: 1º Workshop sobre Produção de silagem na Amazônia. UFRA. P. 9-31. Belém, Novembro, 2004.

DAYANANDAM, P., KAUFMAN, P. B., FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. *Amer. J. Bot.*, v. 70, p.1079-1084. 1983

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.50, p.641-664, 1999.

FARIA, R. Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo. 2000. 125F. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

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.

GOMES, F. P; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, Piracicaba, SP. 2000. 309 p.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station, Circular*, 347. 1950.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

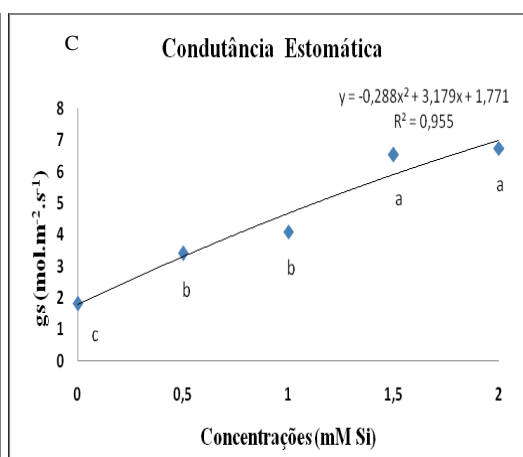
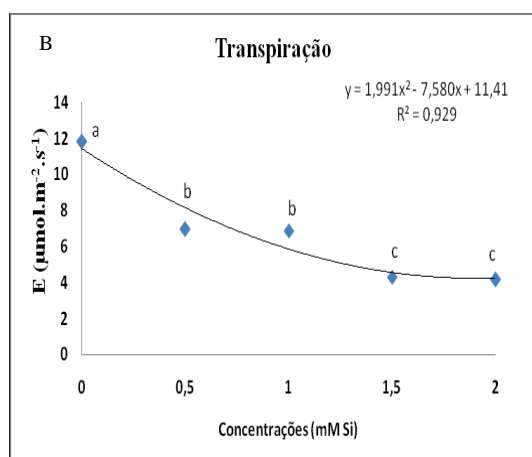
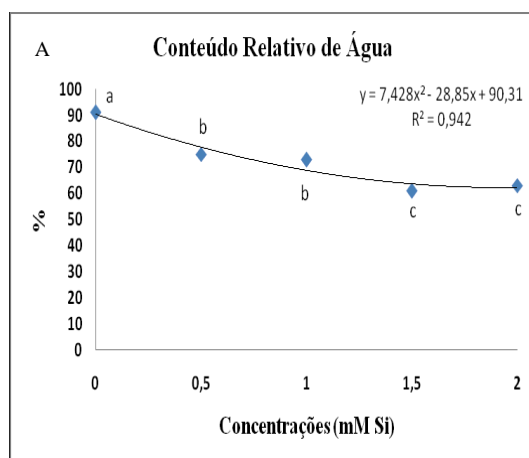
NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, C.R. DOS, NETO, E.B, SANTOS, V.F. DOS. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, p1963-1969, 1998.

NOLLA, A.; KORNDORFER, G. H., COELHO, L.; LEMES, E. M.; KAHLAU, J. 2005. Effect of calcium silicate and calcium carbonate on Cercospora sojina incidence in soybean. III Silicon in Agriculture Conference, Universidade Federal de Uberlândia. V.01. p. 122

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's Guid: version 6.12, SAS Institute, Cary, NC. 1996.

SLAVICK, B. Methods of Studying Plant Water Relations. Springer- Verlag, New York, 1979.

SONOBE, K.; HATTORI, T.; A. N. P.; TSUJI, W.; ENEJI, E.; TANAKA, K.; INANAGA, S. Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. Journal of Plant Nutrition, New York, v. 32, n. 3, p. 433-442, 2009.



**Figura 1-** Conteúdo relativo de água (A), transpiração (B) e condutância estomática (C) em folhas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L] submetido a 7 dias de suspensão hídrica e a diferentes concentrações de silício (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mM). Os resultados foram submetidos a regressão polinomial e os valores representam médias de sete repetições. (\*Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, através do teste de Tukey).