



Revista Agrária Acadêmica

[*Agrarian Academic Journal*](#)

Volume 3 – Número 3 – Mai/Jun (2020)



doi: 10.32406/v3n32020/149-161/agrariacad

Efeito de doses de silício em sorgo granífero cultivado sob condições de deficiência hídrica.

Effect of silicon doses on granifer sorghum cultivated under conditions of water restriction.

Wilton Junio Dos Santos Jesus¹, [Raiane Ferreira de Miranda](#)², Raquel Nunes Cardoso³, Edimilson Alves Barbosa⁴, [José Maria Gomes Neves](#)⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara/MG – Brasil. E-mail: wyljunio@gmail.com

² Doutora, Departamento de Fruticultura, Professora do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara/MG – Brasil.

³ Engenheira Agrônoma, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara/MG – Brasil.

⁴ Doutor, Departamento de Grandes Culturas, Professor do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara/MG – Brasil.

⁵ Doutor, Departamento de Fruticultura, Professor do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara/MG – Brasil.

Resumo

Objetivou-se avaliar a influência da adubação silicatada na produção de sorgo granífero cultivado sob condições de deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG *Campus* Almenara, MG), em delineamento de blocos ao acaso, constituindo de uma variedade de sorgo granífero: AL Precioso, dois manejos de irrigação: 50 e 100% da capacidade de campo e quatro doses de silicato de cálcio e magnésio: 0, 75, 125 e 175 mg dm⁻³, com quatro repetições. Foram realizadas avaliações biométricas e de produção de biomassa. Os resultados foram submetidos a análises de variância e regressão polinomial. O déficit hídrico reduziu de maneira significativa a produção da cultura do sorgo, entretanto o uso do silício via solo foi eficiente para se minimizar os efeitos deletérios da restrição hídrica, sendo que até a dose de 125 mg dm⁻³ o elemento proporcionou aumentos quadráticos na produção de matéria seca de parte área em plantas de sorgo granífero.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Estresse abiótico. Alimentação animal. Elemento benéfico.

Abstract

This study was aimed at assessing the influence of silicated fertilization in the production of granifer sorghum cultivated under conditions of water deficiency. The experiment was conducted at the vegetation house of the Federal Institute of Northern Minas Gerais (IFNMG *campus* Almenara, MG), at random block delineation, constituting a variety of granife sorghum: AL Precioso, two irrigation management: 50 and 100% of the field capacity and four doses of calcium and magnesium silicate: 0, 75, 125 and 175 mg dm⁻³, with four repetitions. Biometric and biomass production assessments were carried out. The data were submitted to analysis of variance and polynomial regression. The water deficit significantly reduced the production of sorghum culture, however the use of silicon via soil was efficient to minimize the deleterious effects of water restriction, and up to the dose of 125 mg dm⁻³ the element provided quadratic increases in dry matter production of area part in grain sorghum plants.

Keywords: *Sorghum bicolor*. Abiotic stress. Animal nutrition. Beneficial element.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura que tem despertado o interesse em diversos produtores brasileiros, principalmente como opção de segunda safra, haja vista que essa cultura consegue atingir bons níveis de produção mesmo que sob condições de deficiência hídrica e baixos níveis de fertilidade do solo (MARTINS et al. 2016).

Embora o sorgo seja uma cultura que relativamente consegue suportar condições ambientais desfavoráveis, a ocorrência de baixa disponibilidade hídrica é um fator que contribui para perdas em produção de grãos e forragem (SANTANA, 2017). Nesse sentido é relevante que os produtores se atentem quanto a utilização de práticas adequadas de manejo na cultura, como a realização de correções, adubações, controle de pragas e doenças, além da utilização de cultivares recomendados as regiões de plantio.

O emprego do silício apresenta reflexos positivos sob o cultivo do sorgo em situações de estresses abióticos, o uso desse elemento contribui para o aumento da resistência das plantas da cultura ao estresse hídrico e alcalino, essa situação é propiciada em decorrência do aumento do conteúdo de água foliar (GHANEM, 2019). Com o intuito de avaliar a interação do silício com os hormônios das plantas, Markovich et al. 2017, verificaram o aumento da biossíntese de citocina com exposição de silício em plantas de sorgo e arabis, as folhas das plantas que foram expostas ao ácido silícico apresentaram senescência mais lenta em relação às plantas que não foram tratadas com silício, o que corrobora para o fato da ocorrência de uma relação benéfica entre a presença desse elemento e a biossíntese de citocinina.

O silício é um elemento que pode contribuir nos sistemas de cultivos que sofrem o efeito de regimes hídricos insuficientes para o pleno desenvolvimento das plantas, principalmente em gramíneas que são acumuladores de Si, como o arroz, sorgo e a cana-de-açúcar, nas plantas a utilização do Si pode auxiliar no aumento da atividade de osmorreguladores nos tecidos (KUMAR et al. 2019, TEIXEIRA et al. 2018, SOUZA et al. 2015)

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência de doses de silicato de cálcio e magnésio no desenvolvimento de sorgo granífero cultivado sob condições de deficiência hídrica.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), campus Almenara, (16°13'47.56" S, 40°44'32.27" O e altitude de 269 m). O clima da região, de acordo classificação de Koppen é Aw, clima tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (2x4): dois manejos de irrigação: reposição de 50 e 100% da capacidade de campo do solo; e quatro doses de silício: 0, 75, 125 e 175 mg dm⁻³, sob a forma de silicato de cálcio e magnésio, com quatro repetições. No plantio, foram semeadas seis sementes por vaso, sendo utilizado a cultivar comercial AL Precioso, a uma profundidade de três centímetros. Decorridos dez dias após a emergência (DAE) realizou-se o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 5 dm³, preenchido com camada de 0,30 a 0,70 m de um Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2018), coletado nas abrangências do IFNMG – *Campus Almenara*, em área de vegetação nativa.

Manejo da adubação

O solo foi corrigido para elevação da saturação de bases a 60%, de acordo recomendação de Ribeiro et al. (1999). A calagem foi realizada com a utilização de calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 82%.

A adubação mineral foi realizada com base na análise de solo e em conformidade às recomendações para a cultura, a correção para o nitrogênio foi feita sob a forma de sulfato de amônio na quantidade de 1,250 g/vaso em adubação parcelada. Para o fósforo utilizou-se 3,42 g de P₂O₅ por vaso. A adubação com potássio (K) foi realizada utilizando-se o cloreto de potássio (KCl) na quantidade de 1,3915 g/vaso. A adubação com silício foi realizada após o estabelecimento da cultura aos 20 DAE, aplicando-se as doses aos tratamentos correspondentes, na forma de solução nutritiva, utilizando como fonte o silicato de cálcio e magnésio.

A irrigação foi realizada em frequência diária, pelo método de pesagens dos vasos, mantendo o conteúdo de água no solo correspondente a 50 e 100% da capacidade de campo (θ_{cc}) de acordo com os tratamentos correspondentes.

A condução do experimento se estendeu do dia 21/08 a 12/11 do ano de 2019, a aplicação do tratamento de restrição hídrica foi iniciada no dia 12/09, aos 19 dias após a emergência (DAE). Aos 18 DAE, ainda no estágio vegetativo, foram avaliados altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) antes da aplicação do Si, para que fossem comparados com os dados obtidos aos 16 e 45 dias após a adubação com doses de silicato de cálcio e magnésio (DAA), no estágio de crescimento da fase reprodutiva (EC2), e a última avaliação aos 58 DAA no estágio de crescimento que compreende a fase de maturação (EC3).

As avaliações das variáveis biométricas procederam-se da seguinte forma: diâmetro de colmo (mm): medido a 0,10 (m) do solo com o auxílio de paquímetro, altura de planta (m): medida a partir do colo da planta com o auxílio de uma trena, e a área foliar. Esta foi obtida através de procedimentos utilizados por Stickler et al. (1961) para a cultura do sorgo.

Ao final da condução do experimento, aos 59 DAA, foi determinado o volume de raiz, o qual foi obtido utilizando-se de um béquer graduado, para a obtenção da produtividade de matéria seca de folhas e colmos e de raiz, as amostras foram destinadas para secagem em estufa a 65°C por 24 horas.

Os dados foram submetidos a análises de variância e regressão polinomial, os pontos de máxima e mínimo foram obtidos por meio da derivação das equações dos modelos lineares e quadráticos que melhor se ajustaram aos dados. A avaliação das variáveis qualitativas, foi realizada por meio da análise de variância e comparação pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

A lâmina d'água média utilizada nos tratamentos sem déficit foi de 385 mm, nos tratamentos com déficit a irrigação média foi de 230 mm, haja vista que a restrição hídrica foi implementada ao início do estágio de crescimento reprodutivo (EC2). Essas lâminas de irrigação somadas a

precipitação corresponderam a 404 e 249 mm respectivamente para os tratamentos sem e com déficit hídrico.

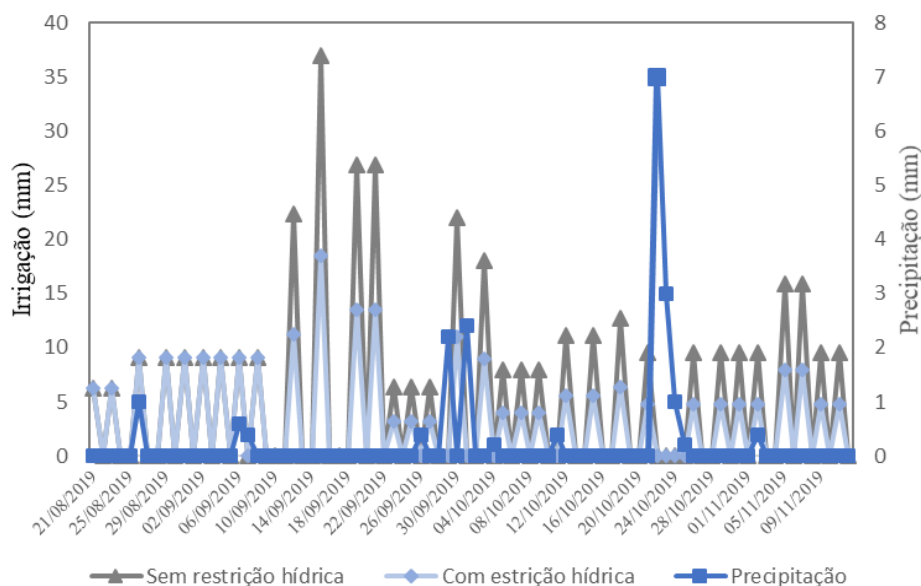


Figura 1 - Irrigação utilizada durante o ciclo da cultura do sorgo granífero e precipitação média durante o experimento com diferentes doses de Silício (Si) e déficit hídrico, cultivado em casa de vegetação no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – *Campus Almenara*.

A temperatura média foliar para os diferentes tratamentos se manteve para o período de estudo abaixo da temperatura ambiente, inclusive para os tratamentos com restrição hídrica (figuras 3 e 4), o que indica o efeito positivo do Si, na resistência a estresse abiótico no sorgo granífero. Entretanto aos 35 DAA, houve uma elevação da temperatura média foliar, o que pode ser um indicativo de estresse hídrico, mesmo nos tratamentos sem restrição hídrica.

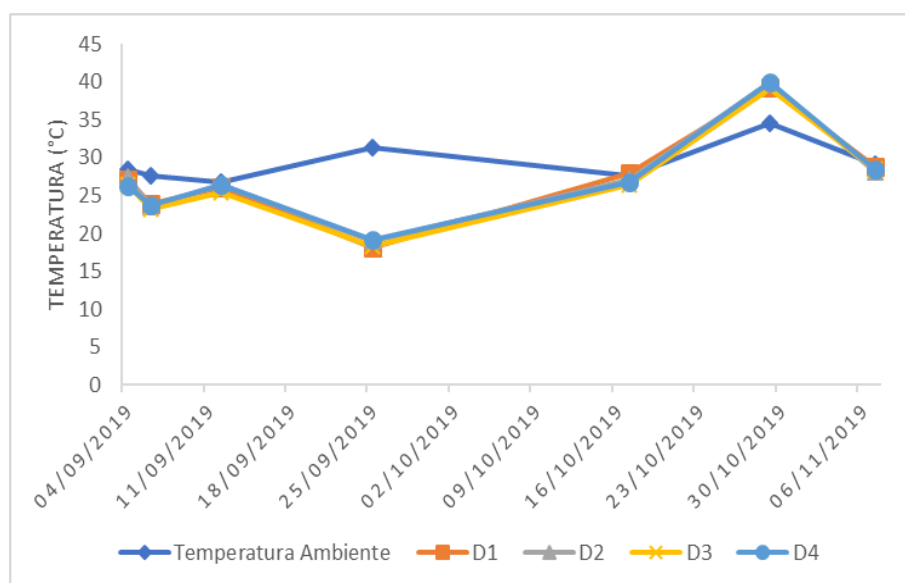


Figura 2 - Temperatura ambiente e temperatura foliar de sorgo granífero sob restrição hídrica, durante a condução do experimento. (D1: 0; D2: 75; D3: 125; D4:175; mg dm⁻³ de silicato de cálcio e magnésio).

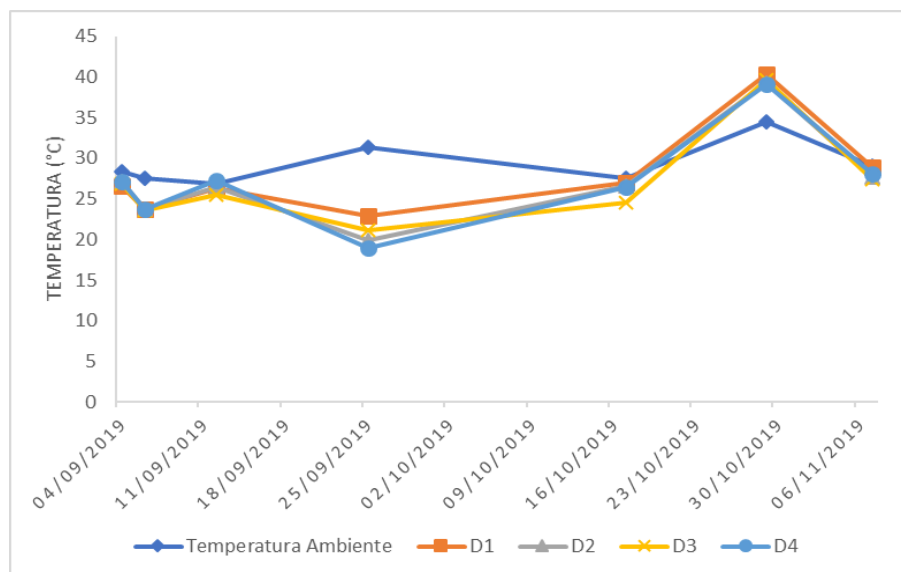


Figura 3 - Temperatura ambiente e temperatura foliar de sorgo granífero sem restrição hídrica, durante a condução do experimento. (D1: 0; D2: 75; D3: 125; D4:175; mg dm⁻³ de silicato de cálcio e magnésio).

Aos 18 DAE as plantas apresentavam em média 46,6 cm de altura, 5,5 mm de diâmetro e 711,13 cm² de área foliar.

Para a avaliação de altura de planta realizada aos 16 DAA, sem restrição hídrica, a dose máxima de Si é de 75 mg.dm⁻³, proporcionando produção máxima em altura de 0,99 m. Sob condições de restrição hídrica a dose máxima de Si é de 0,30 mg.dm⁻³, para a obtenção de uma produção máxima em altura de 0,84m (figura 5). Aos 59 DAA, sem restrição hídrica, a máxima dose de Si é 100 mg.dm⁻³, o que proporcionará uma produção máxima de altura de 1,07m (figura 7).

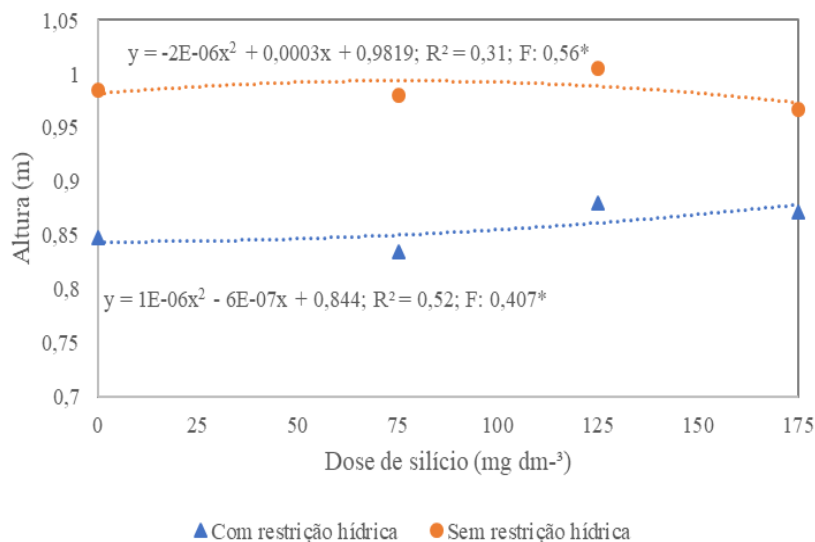


Figura 4 - Altura das plantas de sorgo granífero aos 16 dias após a adubação (DAA) em função da irrigação e doses de Si. * -Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

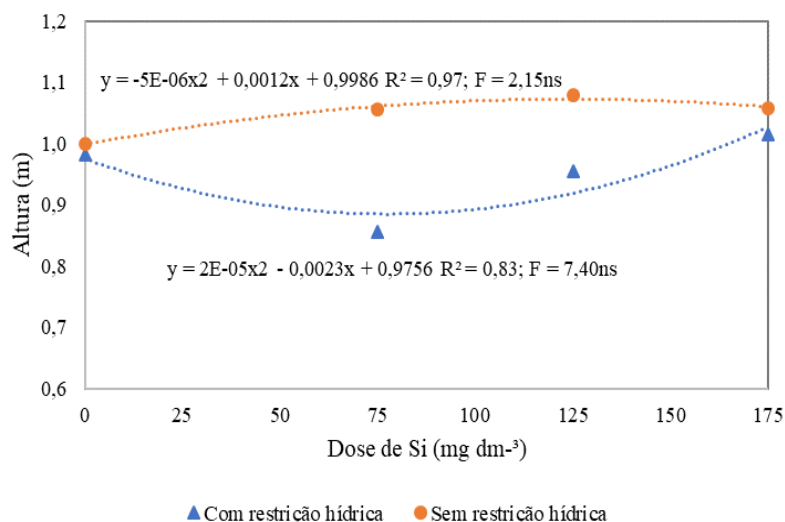


Figura 5 - Altura das plantas de sorgo granífero aos 45 dias após a adubação (DAA) em função da irrigação e doses de Si. *-Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}- não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

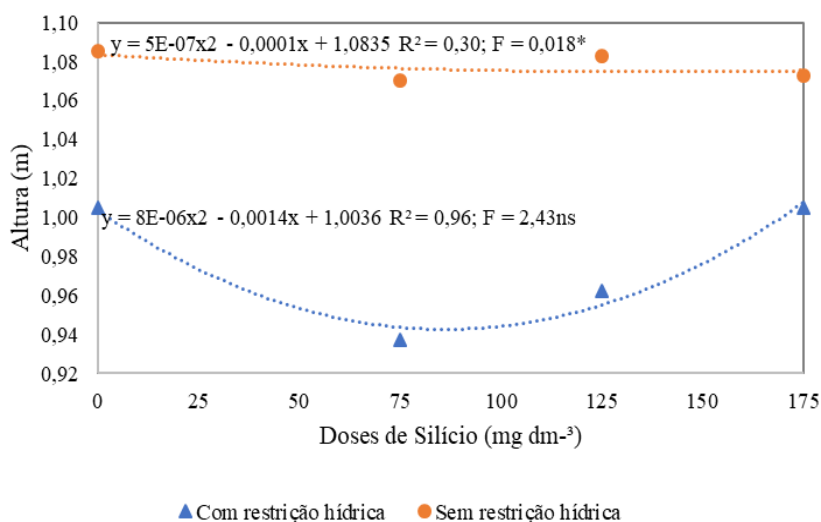


Figura 6 - Altura das plantas de sorgo granífero aos 59 dias após adubação (DAA) em função da irrigação e doses de Si. *-Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}- não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados obtidos para altura de plantas com e sem restrição hídrica aos 45 DAA, e altura de planta com restrição hídrica não foram significativos, Flores et al. (2018 a), verificou que o uso de taxas de silício na cultura do sorgo não influenciou sob o incremento em altura de planta, corroborando com os resultados deste estudo.

Para o componente diâmetro do colmo, na avaliação realizada aos 16 DAA, sem a ocorrência de restrição hídrica, a máxima dose de Si a ser utilizada é de 130 mg.dm⁻³ para uma máxima produção de diâmetro de 11,16 mm. Sob restrição hídrica a máxima dose é de 46,25 mg.dm⁻³ para a produção máxima de 10,14 mm de diâmetro de caule (figura 8). Aos 59 DAA, nas plantas sem a restrição hídrica, a máxima dose de Si foi de 39,37 mg.dm⁻³, para a produção máxima do componente diâmetro de 39,37mm (figura 10).

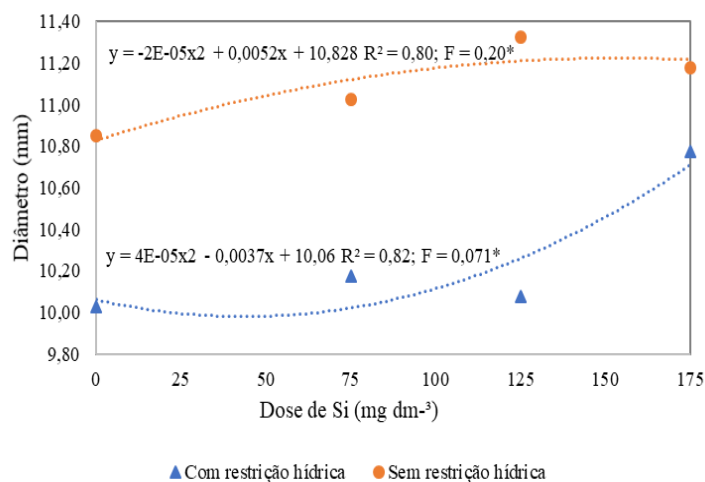


Figura 7 - Diâmetro das plantas aos 16 dias após a adubação (DAA) em sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. * -Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

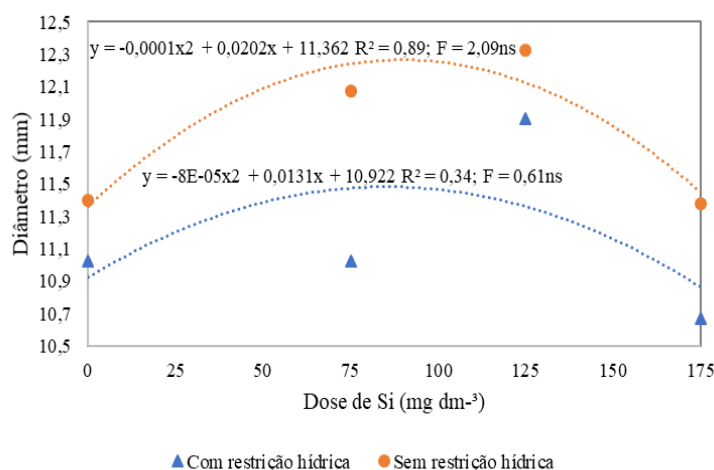


Figura 8 - Diâmetro das plantas aos 45 dias após a adubação (DAA) em sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

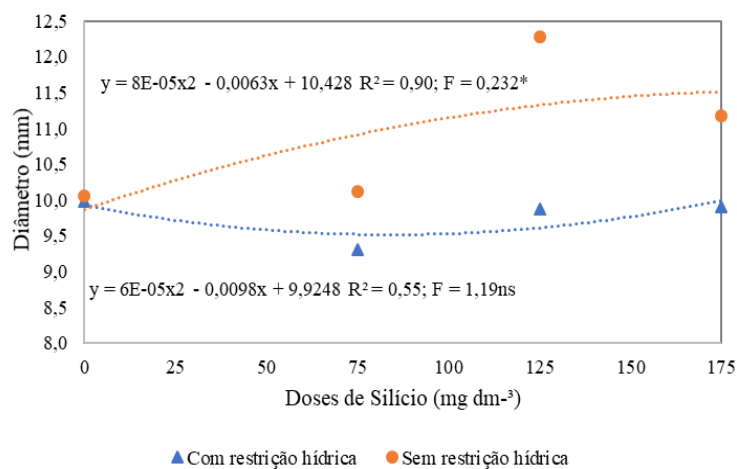


Figura 9 - Diâmetro das plantas aos 59 dias após a adubação (DAA) em função do déficit hídrico e doses de Si. * -Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Aos 16 DAA, para a condição de déficit hídrico a máxima dose de Si foi de 62,88 mg.dm⁻³, para a obtenção de uma produção máxima de área foliar de 1780,64 cm². Aos 45 DAA, na condição de irrigação plena, a máxima dose de Si foi de 123,88 para a produção máxima de 2399,09 cm² de área foliar. Na avaliação realizada aos 59 DAA, para a condição de restrição hídrica, o valor da máxima dose de Si foi de 49,65 mg.dm⁻³, para a obtenção de uma produção máxima de área foliar de 2596,72 cm².

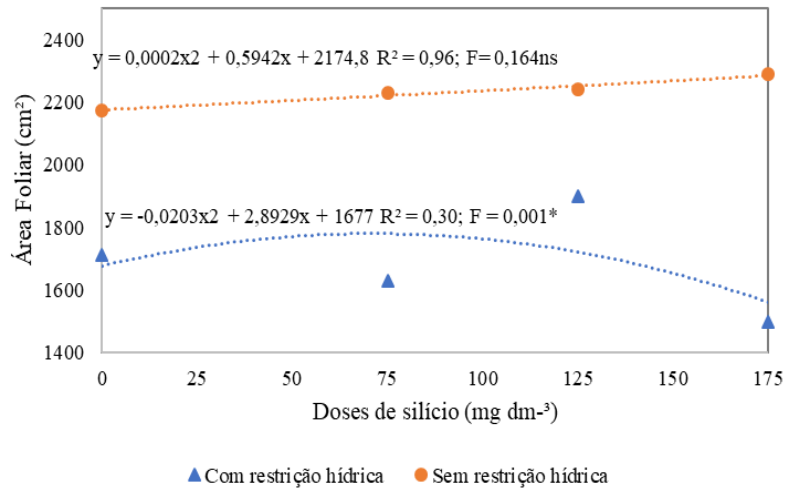


Figura 10 - Área foliar aos 16 dias após a adubação (DAA) em sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. * -Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

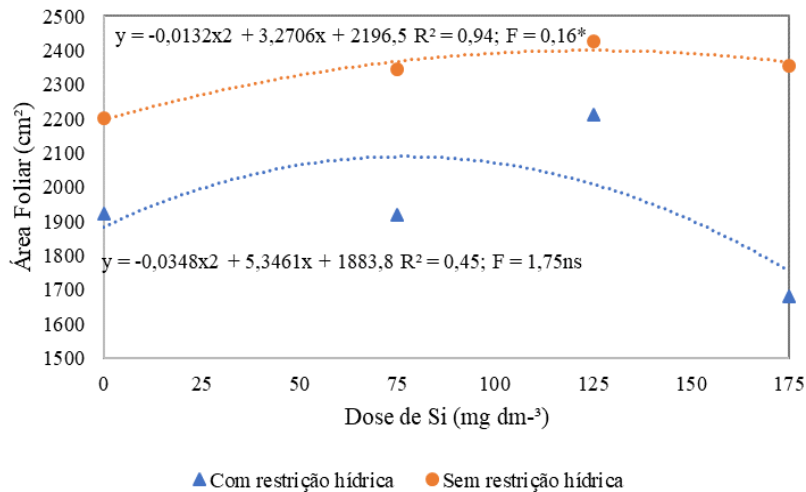


Figura 11 - Área foliar aos 45 dias após a adubação (DAA) em sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. * -Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

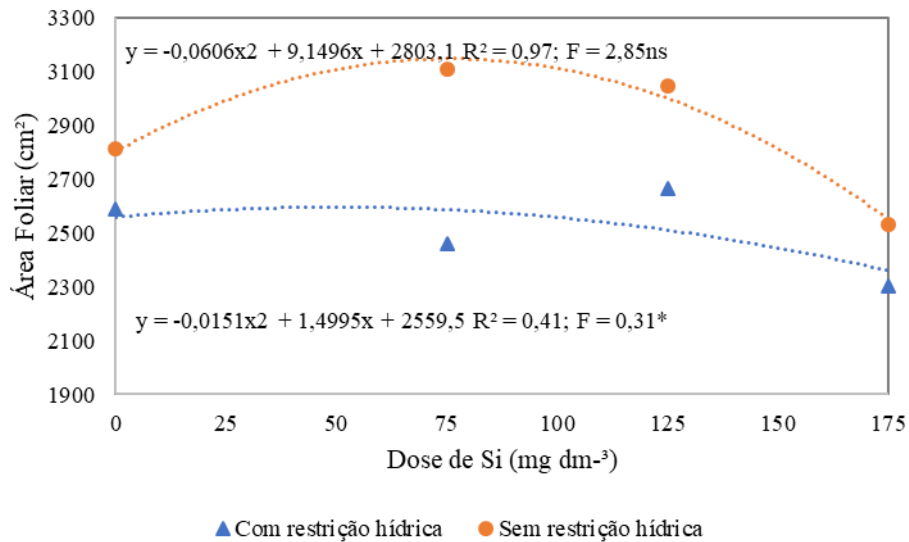


Figura 12 - Área foliar aos 59 dias após a adubação (DAA) em sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. * -Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}- não significativo.

De acordo com Oliveira et al. (2019), o uso do Si na cultura do sorgo reduziu o efeito oxidativo nas plantas, sendo que tal resultado foi propiciado pelo aumento da atividade da enzima superóxido dismutase, acarretando reflexos positivos para a área foliar e produção de matéria seca, uma vez que a área foliar é um componente de grande importância para a atividade fisiológica das plantas, o que implica diretamente sob a produção da cultura de interesse.

Foi possível perceber diferenças visuais em plantas conduzidas sob déficit hídrico, nos manejos com e sem adubação (figura 14), a planta adubada com silicato de cálcio e magnésio (b), apresenta folhas mais eretas e expandidas em relação a planta (a), que não recebeu a adubação do elemento, demonstrando possível efeito benéfico a partir da utilização do silicato de cálcio e magnésio.



Figura 13 - Plantas de sorgo granífero sob restrição hídrica. (a): Sem aplicação de silicato de cálcio e magnésio. (b): Com aplicação de silicato de cálcio e magnésio.

Os resultados para volume de raiz da planta de sorgo após a colheita, nos manejos com e sem déficit hídrico estão representados pela equação quadrática, significativa a 5%. Para maior volume de raiz, na condição de irrigação plena, a dose máxima de Si requerida é de 49,23 mg.dm⁻³, proporcionando assim um volume máximo de raiz de 94,20 cm³.

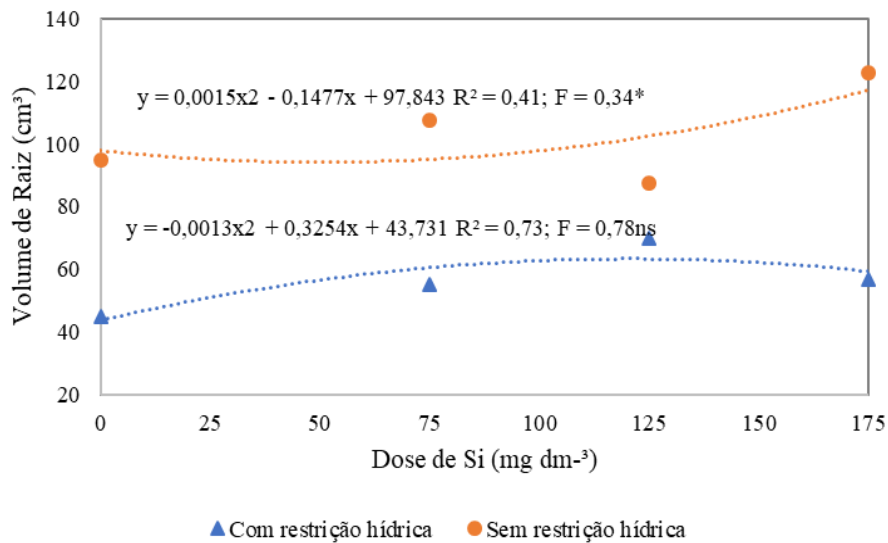


Figura 14 - Volume de raiz para o experimento de cultivo de sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. *-Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns- não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados de massa da matéria seca da raiz de sorgo, foram obtidos e apresentados pela equação quadrática, significativa a 5% para os tratamentos com restrição hídrica e não significativa para os tratamentos sem restrição. Na condição de deficiência hídrica, o ponto de dose máxima de silicato de cálcio e magnésio foi de 85 mg dm⁻³, para obtenção de uma produção máxima de massa seca de raiz de 14,96g. Teixeira (2018), verificou que o uso do Si em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar foi eficiente para a produção de matéria seca de raiz em diferentes manejos de restrição hídrica.

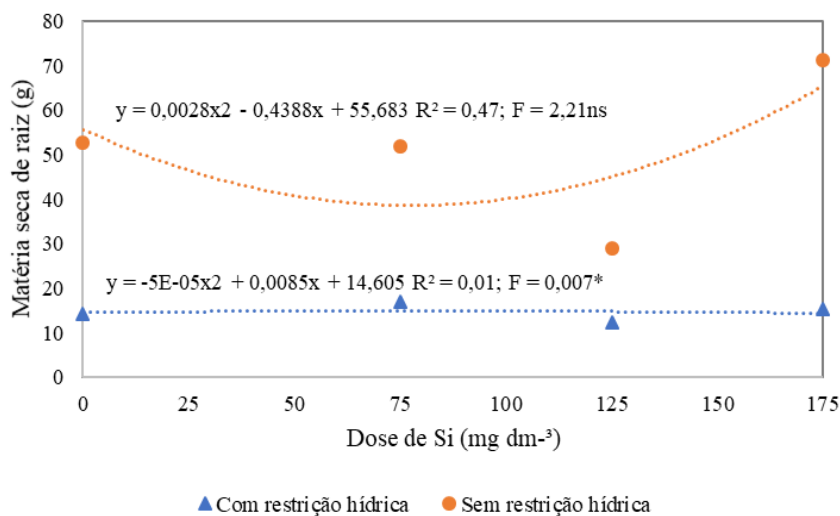


Figura 15 - Matéria seca de raiz para o experimento de cultivo de sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. *-Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ns- não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados para a massa da parte aérea, foram obtidos e apresentados pela equação quadrática, significativa a 5%. No manejo sem restrição hídrica, para um maior peso da parte aérea, a dose máxima de Si é de 89,05 mg dm⁻³, proporcionando assim um peso máximo de 63,32g. Na condição de restrição hídrica a dose máxima é de 130,5 mg dm⁻³, para um peso máximo de 31,42g (figura 16).

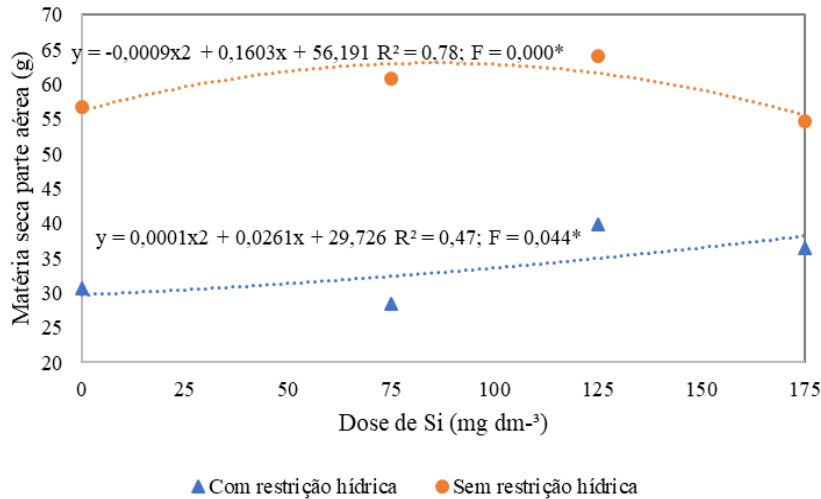


Figura 16 - Matéria seca de folhas e colmos, para o experimento de cultivo de sorgo granífero em função do déficit hídrico e doses de Si. *-Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Foi observado que as plantas conduzidas sem restrição hídrica apresentaram maior produção de MS, cerca de 57,28% a mais em relação as que estavam sob condições de déficit. Houve efeito quadrático significativo entre a produção de MS e a adubação com silício, obtendo os maiores rendimentos de MS com a dose de 125 mg.dm⁻³ de Si para ambos os manejos de irrigação (figura 16). Esses resultados corroboram com os obtidos por Flores et al. (2018 a), que observaram aumentos na produção de matéria seca da parte aérea na cultura do sorgo, e de girassol com o uso da adubação silicatada (FLORES et al. 2018 b). O aumento na produção de MS a partir do emprego do Si, pode ser associado ao uso mais eficiente da água pela planta (LIU et al. 2015; TRIPATHI et al. 2017).

Os parâmetros avaliados foram afetados pelo déficit hídrico, nesse sentido mesmo que essa restrição comprometa a produção é relevante o estudo acerca de estratégias, como o uso do silício a fim de se minimizar os impactos ocasionados pela insuficiência hídrica nos sistemas de cultivos, assim como aplicação a campo no qual as plantas estariam sujeitas a diversos fatores extrínsecos.

Conclusões

A ocorrência do déficit hídrico reduz de maneira significativa a produção de matéria seca de raiz e parte aérea, volume de raiz, altura de planta, diâmetro do colmo e área foliar.

A aplicação de silício via solo é uma estratégia eficiente para se minimizar os efeitos da restrição hídrica no cultivo do sorgo granífero.

O uso do elemento até a dose de 125 mg dm⁻³ propicia aumentos quadráticos na produção de matéria seca de parte aérea em plantas de sorgo granífero. Para os parâmetros de: diâmetro, área foliar, matéria seca de raiz e volume de raiz ocorreu aumentos significativos até a dose de 75 mg dm⁻³.

Referências bibliográficas

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição, 2018, 356p.

FLORES, R. A.; ARRUDA, E. M.; DAMIN, V.; JUNIOR, J. P. S.; MARANHÃO, D. D. C.; CORREIA, M. A. R.; PRADO, R. M. Physiological quality and dry mass production of *Sorghum bicolor* following silicon (Si) foliar application. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4. p. 631-638, 2018a.

FLORES, R. A.; ARRUDA, E. M.; DAMIN, V.; JUNIOR, J. P. S.; MARANHÃO, D. D. C.; CORREIA, M. A. R.; PRADO, R. M.; SANTOS, A. C. A.; ARAGÃO, A. S.; PEDREIRA, N. G.; COSTA, C. F. Nutrition and production of *Helianthus annuus* in a function of application of leaf silicon. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 2, p. 137-144, 2018b.

GHANEM, H.; ALDESUQUY, H.; ELSHAFII, H. Silicon alleviates alkalinity stress of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) plants by improving plant water status, pigments, protein, nucleic acids and carbohydrates contents. **Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences**, v. 2, n. 2, 2019.

KUMAR, A.; NAYAK, A. K.; PANI, D. R.; DAS, B.S. Application of phosphorus, iron, and silicon reduces yield loss in rice exposed to water deficit stress. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 3, p. 1488-1497, 2019.

LIU, P.; YIN, L.; WANG, S.; ZHANG, M.; DENG, X.; ZHANG, S.; TANAKA, K.

Enhanced root hydraulic conductance by aquaporin regulation accounts for silicon alleviated salt-induced osmotic stress in *Sorghum bicolor* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, p. 42-51, 2015.

MARKOVICH, O.; STEINER, E.; KOUŘILB, Š.; TARKOWSKIB, P.; AHARONI A.; ELBAUMA R. Silicon promotes cytokinin biosynthesis and delays senescence in Arabidopsis and Sorghum. **Plant Cell Environmental**, v. 40, n. 7, p. 1189-1196, 2017.

MARTINS, L. S.; MENEZES, C. B.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; TARDIN, F. D.; GONÇALVES, F. H. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de sorgo granífero no sudoeste de Goiás. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 334-347, 2016.

OLIVEIRA, R. L. L.; PRADO, R. M.; FELISBERTO, G.; CHECCHIO, M. V.; GRATÃO, P. L. Silicon mitigates manganese deficiency stress by regulating the physiology and activity of antioxidant enzymes in sorghum plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 19, p. 524-534, 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **5ª Aproximação: Recomendações para uso de corretivos e fertilizante em Minas Gerais**, 1999, 52p.

SANTANA, M. C. B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; JÚNIOR, A. S. A.; TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B. Produtividade de grãos e parâmetros fisiológicos de sorgo granífero sob deficiência hídrica e irrigação plena. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 361-372, 2017.

SOUZA L. C.; NOGUEIRA, G. A. S.; ALMEIDA, R. F.; SOUZA, L. C.; GALVÃO, M.; NETO, C. F. O.; OLIVEIRA, T. B.; VIÉGAS, I. J. M.; OKUMURA, R. S. Application of multivariate analysis to evaluate the biochemical changes in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) after exposure to water stress and silicon applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 49, p. 3257-3263, 2015.

STICKLER, F. C.; WEARDEN, S.; PAULI, A. W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, v. 53, n. 3, p. 187-188, 1961.

TEIXEIRA, G. C. M. **Silício na mitigação do déficit hídrico em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar na fase inicial de desenvolvimento**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018, 41p.

TRIPATHI, D. K.; SINGH, S.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M.; DUBEY, N. K.; CHAUHAN, D. K. Silicon nanoparticles more effectively alleviated UV-B stress than silicon in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 110, p. 70-81, 2017.

Recebido em 10 de abril de 2020
Aceito em 27 de maio de 2020