

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM PLANTAS DE SORGO SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO

Ellen Gleyce da Silva Lima¹, Marlison Tavares Ávila², Luma Castro de Souza³,
Roberto Rivelino do Nascimento Barbosa⁴, Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁵

1 Estudante de Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da
Amazônia (ellenllima@yahoo.com.br) Belém-Brasil

2 Estudante de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia

3 Estudante de doutorado da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

4 Estudante de Mestrado da Universidade Estadual do Norte Fluminense

5 Professor Dr. da Universidade Federal Rural da Amazônia

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

O sorgo forrageiro apresenta várias vantagens em relação a outras gramíneas, por apresentar alta produtividade de matéria seca (t MS/ha/ano) comparada ao milho, especialmente em ambientes onde é frequente a ocorrência de longas estiagens. As causas da salinização nas plantas podem ser ocasionadas pelas dificuldades de absorção de água, toxidez de íons específicos e pela influência dos sais nos processos fisiológicos o que reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas, e o silício pode promover tanto o crescimento quanto a produção vegetal, proporcionando proteção contra estresse hídrico, estresse salino e toxidez de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da salinidade no crescimento vegetativo e produção de biomassa de plantas de sorgo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado composto de 5 tratamentos (0, 50, 100, 150 e 200 (M de Silício) e concentração salina (0M; 1,5 M e 2,0M) constituída de 4 repetições, totalizando 60 unidades experimentais, dispostos no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas. A aplicação do estresse salino foi feita a partir do 18º dia após a germinação e a aplicação das concentrações de silício após a emergência das plântulas (11º dia), sendo realizadas as coletas destrutivas no estágio vegetativo (33 dias). O crescimento e a biomassa das plantas de sorgo diminuíram com o aumento da salinidade, exceto o número de folhas.

PALAVRAS-CHAVE: fisiologia, salinidade, silício, sorghum bicolor

GROWTH AND BIOMASS PRODUCTION IN PLANTS SORGHUM SUBMITTED TO SALT STRESS

ABSTRACT

Forage sorghum has several advantages over other grasses due to high dry matter yield (t DM / ha / year) compared to corn, especially in environments where frequent occurrence of long droughts. The causes of salinity in plants can be caused by reduced water absorption, toxicity of specific ions and the influence of salts in the physiological processes which reduces growth and development of plants, and silicon can promote both growth and production plant, providing protection against water stress, salt stress and toxicity of nutrients. This study aimed to evaluate the effect of salinity on vegetative growth and biomass production in sorghum. The experimental design was completely randomized with 5 treatments (0, 50, 100, 150

and 200 μM Silicon) and salt concentration (0M, 1.5M and 2.0M) consisted of 4 replicates, totaling 60 experimental units arranged at a spacing of 0.60 m between rows and 0.40 m between plants. The application of salt stress was done from the 18th day after germination and the application of silicon concentrations after seedling emergence (day 11), the destructive sampling in the vegetative stage (33 days) were performed. The growth and biomass sorghum plants decreased with increasing salinity, except the number of sheets.

KEYWORDS: physiology, salinity, silicon, *sorghum bicolor*

INTRODUÇÃO

O sorgo forrageiro apresenta várias vantagens em relação a outras gramíneas, contribui com 10% a 15% da área total cultivada para silagem no Brasil e se destaca de forma geral, por apresentar alta produtividade de matéria seca (t MS/ha/ano) comparada ao milho, especialmente em ambientes onde é frequente a ocorrência de longas estiagens (AVELINO et al., 2011).

O estresse salino nas plantas pode ser ocasionado pelas dificuldades de absorção de água, toxidez de íons específicos e pela influência dos sais nos processos fisiológicos. Isso propicia a redução de crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS & BLANCO, 2010).

O silício não é considerado um nutriente essencial para os vegetais uma vez que não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade (AL-AGHABARUY et al., 2004; AMARAL et al., 2008; PINTO et al., 2009; LIMA et al., 2011). Porém vários pesquisadores constataram efeitos positivos a planta. Para DEMATTÊ et al., (2011), as principais respostas das culturas ao silício são de maior resistência das plantas às doenças e pragas; tolerância à toxicidade por metais pesados; tolerância a estresses hídricos e salinos; menor transpiração; promoção de crescimento e nodulação em leguminosas; efeito na atividade de enzimas e na composição mineral; melhoria da arquitetura da planta, o que facilita a mecanização; redução no acamamento e consequente aumento da taxa fotossintética e de produtividade, sobretudo em cana-de-açúcar.

Os trabalhos relacionando o efeito do silício sob o estresse salino em plantas, sobretudo em sorgo ainda são incipientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da salinidade no crescimento vegetativo e produção de biomassa em plantas de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA-Capitão-Poço), utilizando-se plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [Moench.]) forrageiro da variedade Plant Max. Os vasos foram dispostos no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas. As plantas de sorgo foram cultivadas em vasos Leonard contendo substrato de sílica:vermiculita (1:2) e irrigados com solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial 5 x 3. Sendo cinco concentrações de silício (0, 50, 100, 150 e 200 μM) e três concentrações salinas (0M, 1,5 M e 2,0M) constituída de 4 repetições. Cada unidade experimental foi composta de duas planta/vaso. A aplicação do estresse salino foi feita a partir do 18º dia após a emergência e a aplicação das concentrações de silício após a emergência das plântulas (11º dia).

Foram feitas coletas destrutivas das plantas no estágio vegetativo (33 dias), Houve a determinação de altura de parte aérea e diâmetro do colmo. Posteriormente, as amostras de raiz, colmo e folhas foram inseridas em sacos de papel em estufa de circulação forçada (70 °C) por 48 horas para a determinação de massa de matéria seca.

A significância dos efeitos dos tratamentos foi realizada por meio do Teste F. Foram ajustadas regressões polinomiais ao fator concentrações salinas e de silício.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 esta apresentada a análise das variáveis analisadas. O número de folhas não variou em decorrência do aumento das concentrações de silício e nem em relação às diferentes níveis de salinidade (Figura 1).

TABELA 1. Análise de variância para número de folhas de plantas de sorgo em função de doses de silício e concentração salina.

Número de folhas		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	6,75 ns*
Concentração salina (CS)	2	7,50 ns*
Si x CS	8	4,88 ns*
CV (%)	-	3,89
Altura de plantas		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	5,82*
Concentração salina (CS)	2	1,46*
Si x CS	8	3,91*
CV (%)	-	0,28
Diâmetro do colmo		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	7,43*
Concentração salina (CS)	2	6,54*
Si x CS	8	5,14*
CV (%)	-	2,34
MSR		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	10,3*
Concentração salina (CS)	2	9,43*
Si x CS	8	9,10*
CV (%)	-	3,42
MSC		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	9,51*
Concentração salina (CS)	2	8,46*
Si x CS	8	7,08*
CV (%)	-	5,01
MSF		
Fonte de Variação	GL	Valor de F
Doses de Silício (Si)	4	7,38*
Concentração salina (CS)	2	8,67*
Si x CS	8	6,32*
CV (%)	-	2,43

ns* – não significativo a 1% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação em porcentagem. MSR – Massa seca da raiz, MSC – Massa seca do colmo, MSF – Massa seca da folha.

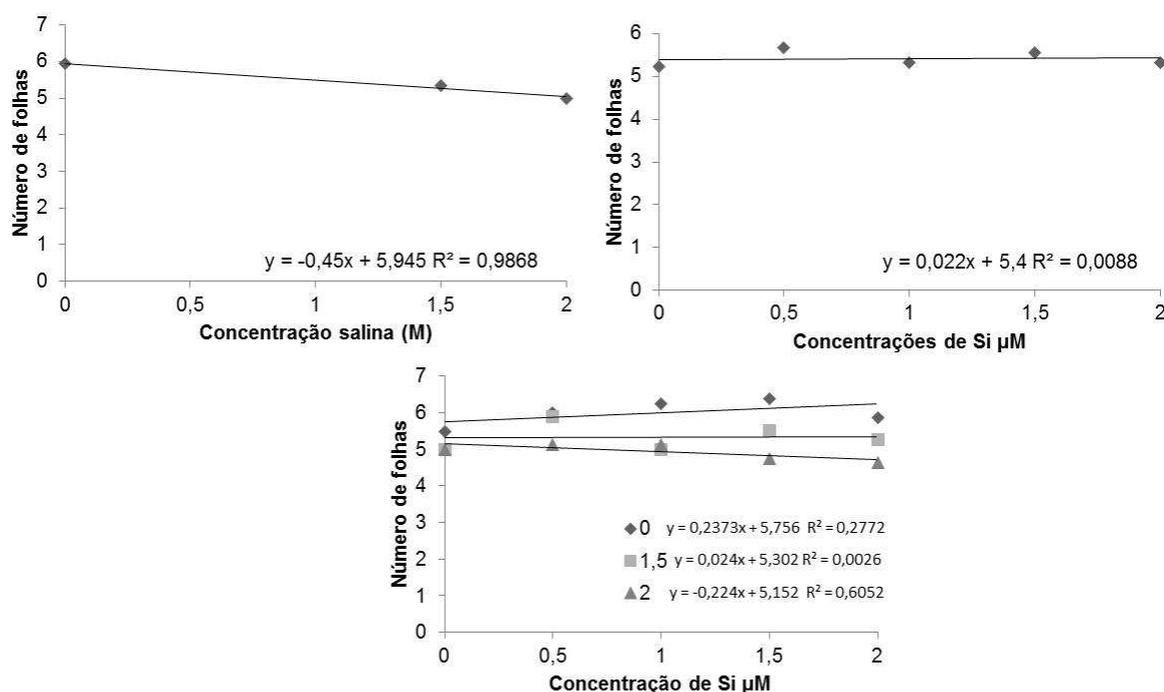


FIGURA 1. Número de folhas de plantas de sorgo submetidas à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Em relação à altura da planta, houve uma diminuição conforme o aumento da salinidade, sendo as menores alturas observadas nas plantas submetidas a 2,0 M (Tabela 2). Essas alterações refletem no balanço hídrico e nutricional da planta e provocam mudanças no metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas e na produção de EROs (espécies reativas de oxigênio). Todas essas mudanças comprometem a expansão e divisão das células, o crescimento vegetativo e reprodutivo e a aceleração da senescência das folhas, que resultam na eventual morte da planta (PISCO & FILHO, 2010).

Outro fator importante refere-se aos efeitos da salinidade na absorção, distribuição e assimilação do nitrogênio, assim como a síntese de proteínas (ABD-EL BAKI et al., 2000), o que está diretamente ligado ao crescimento da planta. Ou seja, as reduções no crescimento estão associadas aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais provocados pelo excesso de sais no solo (MUNNS, 2002). Ressalta-se que altura é uma característica fundamental para o desempenho produtivo do sorgo (PIMENTEL, 2005).

Houve também diferença entre as diferentes concentrações de silício. As plantas que receberam diversas concentrações de silício apresentaram uma maior altura em relação às controles em meio salino com 1,5 e 2,0 M. A aplicação de silício atenuou o efeito de sais nas plantas. O efeito específico dos íons é um dos fatores de redução do potencial osmótico, o que causa a redução do crescimento das plantas conforme o modelo bifásico (MUNNS, 1993). A redução do crescimento é resultante do acúmulo de sais no interior da planta. A causa dessa redução está em função da alta quantidade de sal absorvida, a qual é maior do que a capacidade da planta de compartilhar os sais no vacúolo (WILLADINO & CAMARA, 2010).

TABELA 2. Altura de plantas de sorgo submetidas à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Concentrações de Silício	Concentração Salina		
	Altura da planta (cm)		
	0 M	1,5 M	2,0 M
0 µM	85,13 aA	72,75 bB	65,75 bcC
0,5 µM	82,50 abA	76,00 abB	65,25 cC
1,0 µM	84,25 abA	79,50 aB	72,25 aC
1,5 µM	80,75 bA	79,00 aA	69,75 abB
2,0 µM	83,25 abA	77,25 aB	68,75 abcC
Si x CS	*	*	*

* Letras minúsculas indicam a comparação entre as concentrações de silício e as letras maiúsculas indicam a comparação entre estresse salino dentro de cada concentração de silício. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo a 5 % de probabilidade.

O aumento nas concentrações de silício não propiciou um aumento no diâmetro do colmo, independente da concentração salina de 0 e 1,5 M. No entanto, o menor diâmetro foi observado nas plantas que receberam 0 µM de silício, submetidas a 2,0 M de NaCl (Tabela 3).

TABELA 3. Diâmetro do colmo em plantas de sorgo submetidas à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Concentrações de Silício	Concentração Salina		
	Diâmetro do Colmo (cm)		
	0 M	1,5 M	2,0 M
0 µM	0,12 aA	0,10 aB	0,07 bB
0,5 µM	0,13 aA	0,09 aB	0,07 bB
1,0 µM	0,12 aA	0,09 aB	0,09 abB
1,5 µM	0,12 aA	0,10 aB	0,09 abB
2,0 µM	0,12 aA	0,10 aA	0,10 aA
Si x CS	*	*	*

* Letras minúsculas indicam a comparação entre as concentrações de silício e as letras maiúsculas indicam a comparação entre estresse salino dentro de cada concentração de silício. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade.

A massa de matéria seca de raízes das plantas de sorgo foi prejudicada pelo aumento do estresse salino (Tabela 4). Os menores teores de massa seca da raiz foram observados nas plantas submetidas a estresse salino com 2,0 M. Além disso, em decorrência do aumento nas concentrações de silício, houve uma diminuição no teor de massa de matéria seca de raiz, como é o caso das plantas que não foram submetidas a estresse salino (controle) e as que receberam 2,0 µM de silício. Isso pode ter ocorrido devido provavelmente a tentativa de manutenção das raízes em manter constantes os níveis de sódio e cloro durante o período de exposição ao estresse (WILLADINO & CAMARA, 2010).

TABELA 4. Massa de matéria seca de raiz em plantas de sorgo submetidas à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Concentrações de Silício	Concentração Salina		
	Massa Seca da Raiz (g)		
	0 M	1,5 M	2,0 M
0 µM	12,90 aA	10,06 aB	7,98 aC
0,5 µM	11,99 abA	10,30 aB	7,94 aC
1,0 µM	10,58 bcA	9,03 abB	7,43 aC
1,5 µM	9,60 cdA	7,67 bcB	7,06 aB
2,0 µM	8,64 dA	7,00 cB	6,81 aB
Si x CS	*	*	*

* Letras minúsculas indicam a comparação entre as concentrações de silício e as letras maiúsculas indicam a comparação entre estresse salino dentro de cada concentração de silício. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade.

Os teores de massa de matéria seca de colmo apresentaram diferenças quando submetidas ao estresse salino. Contudo, o nível de massa de matéria seca não diferiu conforme o aumento das concentrações de silício. Observa-se que os teores de massa de matéria seca do colmo diminuíram com o aumento do NaCl, sendo os menores valores para o tratamento com 2,0 M de NaCl quando comparados com o controle (0 M) (Tabela 5). A predominância de Na⁺ e de Cl⁻ no meio de crescimento, além de causar toxidez, acarreta mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento, com isso a planta não apresenta um bom desenvolvimento e suas partes se tornam pouco desenvolvidas. Sob condições de estresse salino rompe-se a homeostase hídrica e iônica. Essa quebra da homeostase ocorre tanto ao nível celular como na planta inteira, acarretando danos moleculares, suspensão do crescimento ou a morte da planta (WILLADINO & CAMARA, 2010). Um significativo decréscimo no crescimento é um efeito imediato do estresse salino, ao qual se segue uma recuperação gradual até atingir uma nova taxa de crescimento, geralmente inferior àquela existente antes da indução do estresse (WILLADINO & CAMARA, 2010).

TABELA 5. Massa de matéria seca do colmo de sorgo submetida à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Concentrações de Silício	Concentração Salina		
	Massa Seca do Colmo (g)		
	0 M	1,5 M	2,0 M
0 µM	6,62 aA	5,68 abB	5,32 abB
0,5 µM	6,780 aA	5,85 abB	5,17 abC
1,0 µM	6,48 aA	6,07 aB	5,60 aC
1,5 µM	6,57 aA	5,96 aB	5,61 aB
2,0 µM	6,37 aA	5,44 bB	5,00 bC
Si x CS	*	*	*

* Letras minúsculas indicam a comparação entre as concentrações de silício e as letras maiúsculas indicam a comparação entre estresse salino dentro de cada concentração de silício. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade.

Houve redução no teor de massa de matéria seca das folhas em decorrência do aumento da salinidade. Os maiores teores de massa de matéria seca foram observados no tratamento com 2,0 M de NaCl contendo baixas concentrações de silício (0, 0,5 e 1,0 μM), ao contrário dos tratamentos com 1,5 e 2,0 μM onde houve aumento no teor de massa de matéria seca (Tabela 6). Esse resultado se deve provavelmente ao fato do estresse salino causar uma rápida e severa redução da taxa de crescimento foliar. Onde a diminuição na velocidade de alongação foliar causa a redução no número de células no processo de alongação, na taxa de alongação dessas células, ou mesmo nas duas (WILLADINO & CAMARA, 2010). As folhas são mais vulneráveis ao Na^+ e Cl^- do que as raízes, isso por que porque concentram maiores concentrações desses íons, uma vez que ambos são transportados pela corrente transpiratória no xilema e se acumulam nas folhas quando a água é transpirada (WILLADINO & CAMARA, 2010). Além disso, uma célula da folha do ponto de vista biofísico tratada com sais pode apresentar uma diminuição na taxa de expansão devido à redução na taxa de absorção de água e osmólitos, além do enrijecimento da parede e a redução na turgescência celular (COSGROVE, 1993).

TABELA 6. Massa seca das folhas de sorgo submetidas à salinidade e diferentes concentrações de silício.

Concentrações de Silício	Concentração Salina		
	Massa Seca das Folhas (g)		
	0 M	1,5 M	2,0 M
0 μM	12,90 aA	10,06 aB	7,98 aC
0,5 μM	11,99 abA	10,30 aB	7,94 aC
1,0 μM	10,58 bcA	9,03 abB	7,43 aC
1,5 μM	9,60 cdA	7,67 bcB	7,06 aB
2,0 μM	8,64 dA	7,00 cB	6,81 aB
Si x CS	*	*	*

* Letras minúsculas indicam a comparação entre as concentrações de silício e as letras maiúsculas indicam a comparação entre estresse salino dentro de cada concentração de silício. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

A salinidade afeta negativamente o crescimento e a biomassa das plantas de sorgo, pois a medida que a concentração salina aumenta o sorgo reduz o seu crescimento e biomassa.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica que subsidiaram essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 12, p. 2101-2115, 2004.
- AMARAL, D. R.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BOREL, J. C.; MAC LEOD, R. E. O.; PÁDUA, M. A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 425-431, 2008.
- AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C.; RESTLE, J. Características agronômicas e estruturais de híbridos de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 534- 541, 2011.
- COSGROVE, D. J. Water uptake by growing cells: an assessment of the controlling roles of wall relaxation, solute uptake and hydraulic conductance. **International Journal of Plant Science**, v. 154, p. 10-21, 1993.
- DEMATTÊ, J. L. I.; PAGIARO, C. M.; BELTRAME, J. A.; RIBEIRO, S. S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 133, p. 7-12, 2011.
- PRICO, J. T.; FILHO, E. G.; Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Cap. 10. **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza – CE, p. 18, 2010.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. **FEALQ**, Piracicaba, SP. 2002. 309 p.
- LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; ENÉAS-FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p.398- 403, 2011.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; SHARP, R.E; Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soils of low water potential. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 425-437, 1993.
- OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Accumulation of organic and inorganic solutes in NaCl - stressed sorghum seedlings from aged and primed seeds. **Scientia Agrícola**, v. 68, p. 632-637, 2011.
- PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta de água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.DE L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Ed. Recife: UFRPE, 2005, p.1331.

PINTO, S. I. C.; RAMOS, S. J.; ARAUJO, J. L.; FAQUIN, V.; NOVAIS, C. B.; SILVA, K.; FURTINI NETO, A. E. Silício como amenizador da fitotoxicidade de zinco em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* cultivadas em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 33, p. 1005-1014, 2009.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, n. 134, p.14-20, 2011.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

XIONG, L.; ZHU, J. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 131-139, 2009.