

## TEORES DE SÓDIO E TROCAS GASOSAS FOLIARES EM PLANTAS DE *Ixora coccínea* L. SOB ESTRESSE SALINO E PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ZEÓLITAS

Humberto Gildo de Souza<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>, Antonio Flavio Batista de Araujo<sup>3</sup>, Lindomar Roberto Damasceno da Silva<sup>4</sup>, Antonia Leila Rocha Neves<sup>5</sup>,  
Eduardo Santos Cavalcante<sup>6</sup>.

**RESUMO:** Zeólitas são aluminossilicatos cristalinos com capacidade de adsorção de cátions em solos e águas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de uma zeólita sintética do tipo A aplicada ao solo em reduzir a extração de Na<sup>+</sup> por plantas da espécie ornamental *Ixora coccínea*, e consequentemente mitigar os efeitos negativos da salinidade na fisiologia dessa espécie. A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no período de abril a junho de 2018, em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4×2, correspondendo a quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,6; 2,0; 3,4 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>), com presença e ausência de zeólita, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições. A salinidade provocou reduções nas trocas gasosas foliares, mas não se observou acúmulo de Na nos tecidos foliares, sugerindo que os efeitos negativos da salinidade foram associados principalmente ao componente osmótico do estresse salino.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zeólita, Salinidade, Espécie ornamental, Irrigação, sódio.

## CONTES OF SODIUM AND LEAF GAS EXCHANGE OF *Ixora coccínea* L. PLANTS UNDER SALT STRESS AND PRESENCE AND ABSENCE OF ZEOLITES.

**ABSTRACT:** Zeolites are crystalline aluminosilicates capable of adsorbing cations in soils and waters. In this context, the objective of the work was to evaluate the potential of a type A synthetic zeolite applied to the soil in reducing Na<sup>+</sup> extraction by plants of the ornamental species *Ixora coccínea*, and consequently to mitigate the negative effects of salinity on the

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, (85) 999 85 48 86, umbertosousa71@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professor titular do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (85)996185717, cfeitosa@ufc.br.

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, (85)997143609, antonioflaviobatistadearaujo@gmail.com

<sup>4</sup> Professor titular do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, (85)33669977, lindomar@dqqi.ufc.br.

<sup>5</sup>Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade federal do Ceará, Fortaleza-CE, (85)987375583, leilaneves7@hotmail.com.

<sup>6</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (85)999401252, educavalcanteufc@gmail.com

physiology of this species. The research was carried out under greenhouse conditions from April to June 2018. For the study, a randomized complete block design was used in a  $4 \times 2$  factorial scheme, corresponding to four levels of electrical conductivity of irrigation water (EC<sub>w</sub>) (0.6, 2.0, 3.4 and 5.0 dS m<sup>-1</sup>), with presence and absence of zeolite, totalizing 8 treatments, with four replications. The salinity caused reductions in leaf gas exchange, but no accumulation of Na was observed in leaf tissues, suggesting that the negative effects of salinity were mainly associated with the osmotic component of salt stress.

**KEY WORDS:** Zeólite, Salinity, Ornamental species, Irrigation, sodium.

## INTRODUÇÃO

Os elevados requerimentos hídricos pelas culturas ou mesmo a baixa qualidade de diversas fontes hídricas para irrigação, podem favorecer a utilização de outra fonte considerada inadequada para agricultura, como no caso das águas salinas e salobras. Entretanto, esse recurso uma vez usado de forma inadequada e frequente, pode ocasionar diversos problemas relacionados à estrutura do solo e ao desenvolvimento das culturas irrigadas. Porém, o uso de estratégias de manejo e o cultivo de espécies tolerantes, podem permitir o aproveitamento dessas fontes hídricas na irrigação (Lacerda et al., 2016; García-Caparrós & Rao, 2018). Vieira et. al (2014), definem que zeólitas são aluminossilicatos cristalinos microporosos, constituídos por um arranjo tridimensional de tetraedros TO<sub>4</sub> (SiO<sub>4</sub> ou AlO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ligados entre si para formar subunidades e, finalmente, enormes redes poliméricas compostas por blocos idênticos, a qual se dá o nome de células unitárias. As zeólitas possuem capacidade de adsorção, troca catiônica e atividade catalítica, o que permite a possibilidade de várias aplicações em diversos setores industriais. Considerando-se que um dos efeitos da salinidade sobre as plantas está relacionado com o acúmulo de íons potencialmente tóxicos, como o Na<sup>+</sup>, é possível levantar a hipótese de que as zeólitas podem minimizar esse impacto, aumentando a retenção desse íon, especialmente sob irrigação com águas salobras ou salinas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de uma zeólita sintética do tipo A, aplicada ao substrato, a fim de reduzir a extração de Na<sup>+</sup> por plantas da espécie ornamental *Ixora coccínea*, e consequentemente mitigar os efeitos negativos da salinidade na fisiologia e no crescimento dessa espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no período de abril a junho de 2018, em casa de vegetação, localizada na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, Município de Fortaleza, (03°45'S; 38°33'W, 20m), Ceará, Brasil. Para o estudo foi adotado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4×2, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 2,0; 3,4 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>), com presença e ausência de zeólita, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições. Cada repetição foi formada por três vasos, totalizando 96 plantas (uma planta por vaso). A zeólita utilizada foi a sintética do tipo A foi obtida a partir de caulim, utilizando-se o método hidrotérmico (Chandrasekhar & Pramada, 2001). Mudas de *Ixora coccínea* L. foram aclimatadas durante dez dias na casa de vegetação, sendo irrigadas com água não salina, para garantir o estabelecimento das mesmas. Passado esse período, as mudas com 40 dias de idade foram transplantadas para vasos com capacidade de 7 litros. Logo após o transplante, as plantas foram aclimatadas por um período de 10 dias, e também irrigadas com água não salina, para garantir que o estabelecimento das mesmas não fosse comprometido. Após esse período, as plantas foram irrigadas de forma manual com as águas de quatro concentrações salinas diferentes, conforme os tratamentos descritos acima. O ensaio teve uma duração de 90 dias, contados a partir do início da aplicação dos tratamentos. Ao final do experimento foram realizadas avaliações das trocas gasosas foliares e do índice relativo de clorofila e determinados os teores de Na<sup>+</sup> nas folhas. **Os dados coletados foram submetidos à análise de variância**, teste de médias (Tukey) e análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

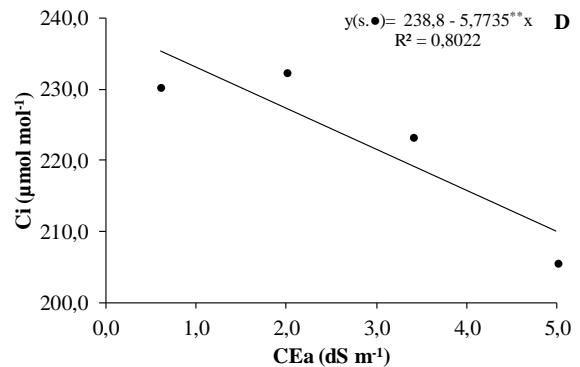
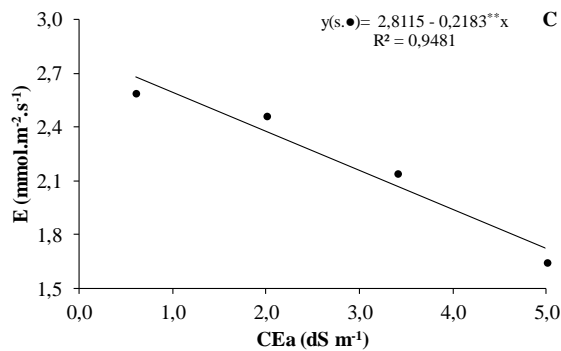
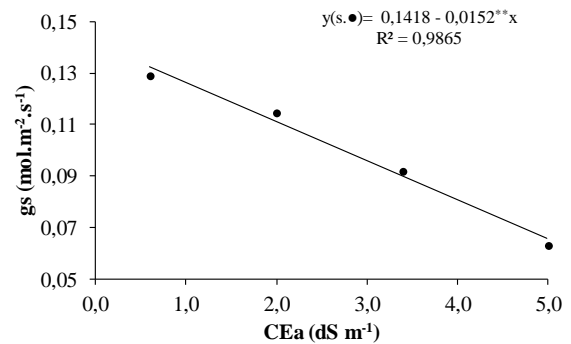
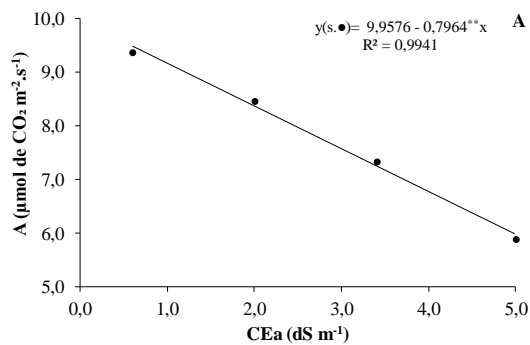
**Tabela 1.** Resumo das análises de variância referentes aos dados de trocas gasosas; fotossíntese (A), Condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) da espécie ornamental, submetida à irrigação com água salina com presença e ausência de zeólitas.

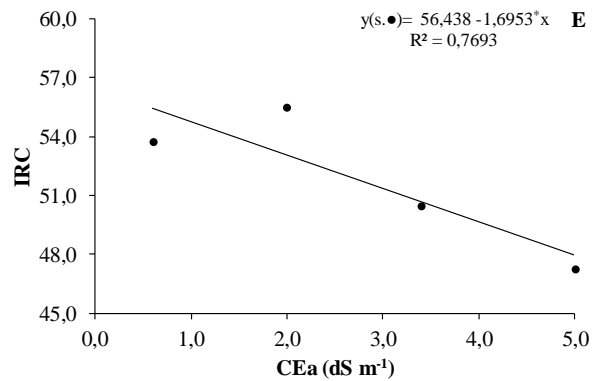
Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		A	Gs	E	Ci
Blocos	3	2,817 <sup>ns</sup>	0,00026 <sup>ns</sup>	1,446 <sup>**</sup>	2542,93 <sup>**</sup>
Salinidade	3	36,30 <sup>**</sup>	0,01341 <sup>**</sup>	2,860 <sup>**</sup>	2364,64 <sup>**</sup>
Zeólita (z)	1	0.108 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	118,26 <sup>ns</sup>

Interação (SxZ)	3	1,041 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	4,7656 <sup>ns</sup>
Resíduos	53	1,4128	0,00024	0,064	113,0439
<hr/>					
Total	63	-	-	-	-
CV	-	15,30	15,58	11,41	4,77
<hr/>					
Com (z)	31	7,809a	0,099a	2,22a	221,56a
Sem (z)	31	7,727a	0,100a	2,21a	224,28a
<hr/>					
Total	62	-	-	-	-

ns, \* e \*\*: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, C.V. – coeficiente de variação. Gl – grau de liberdade; Fonte: Elaborado pelo autor.

Os níveis salinos aplicados não influenciaram ( $p>0,05$ ) os teores de  $\text{Na}^+$  nas folhas das plantas. As trocas gasosas foliares e o teor de clorofila foram influenciados de maneira isolada pela salinidade da água de irrigação ( $p<0,05$ ). De maneira geral, a taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração, concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci) e índice relativo de clorofila (IRC) apresentaram reduções com o aumento da salinidade (Figura 1).





**Figura 1.** Taxas de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (B), transpiração (C), concentração interna de CO<sub>2</sub> (D) e índice relativo de clorofila (E) em folhas de *Ixora coccinea* submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

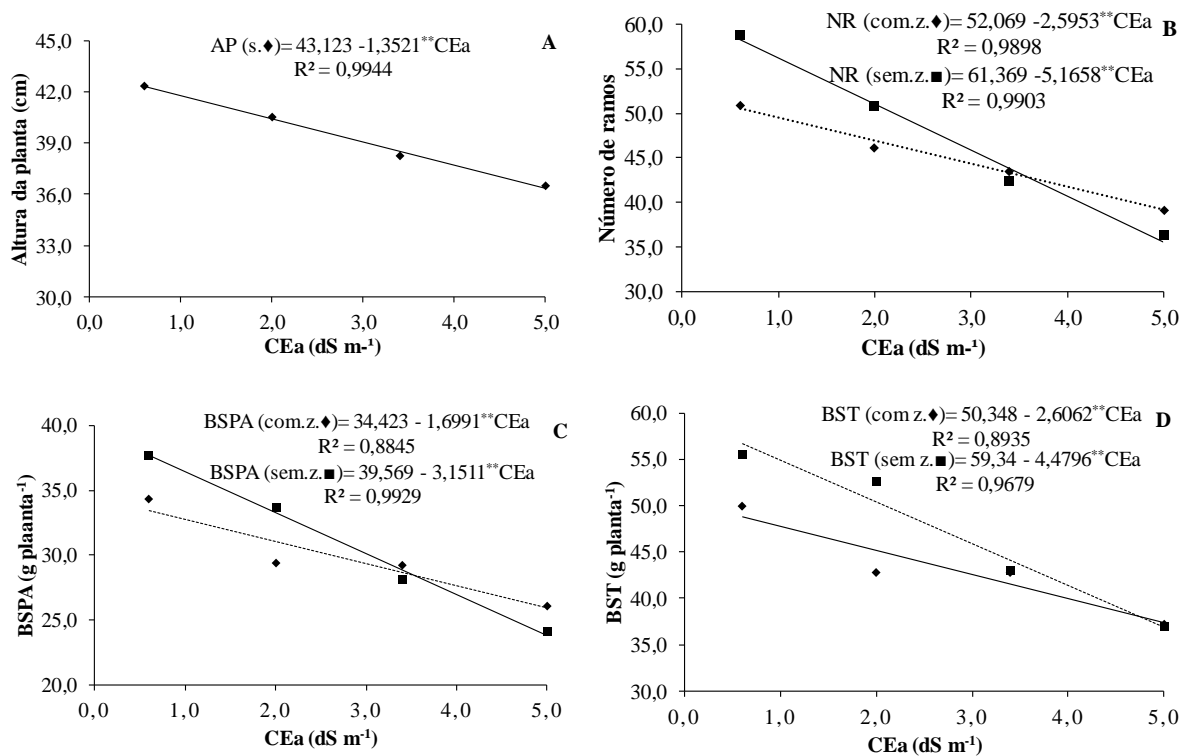
Os prováveis benefícios da adição de zeólitas em plantas sob estresse salino poderiam está associados com a retenção de sódio e manutenção de baixos valores da relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, reduzindo a toxicidade associada a elevados níveis de salinidade. Para Sun et al. (2010), a relação entre a concentração de sódio e potássio no citosol é considerado um indicativo para a tolerância das plantas ao estresse salino. Segundo Munns et al. (2002), a redução na absorção de Na<sup>+</sup>, associada a baixa relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, tem sido utilizado como parâmetro importante na seleção de genótipos de trigo tolerante ao estresse salino. O fato da salinidade não ter influenciado o teor de sódio nas folhas dificultou a observação dos efeitos benéficos das zeólitas em *I. coccinea*. Posteriores estudos com esse objetivo deverão incluir espécies sensíveis e que apresentem maior acúmulo de sódio nos tecidos foliares, bem como maior detalhamento do acúmulo desse cátion em outras partes da planta, como por exemplo nos ramos e raízes.

**Tabela 2.** Resumo das análises de variância, referentes as variáveis analisadas: altura de plantas (AP), número de ramos (NR), biomassa seca da parte aérea (BSPA) e biomassa seca total (BST) da espécie ornamental, cultivada com águas salinas e presença e ausência de zeólita.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		AP	NR	BSPA	BST
Blocos	3	19,32 <sup>ns</sup>	61,18 <sup>ns</sup>	80,4620 <sup>**</sup>	146,5542 <sup>**</sup>
Salinidade (S)	3	157,12 <sup>**</sup>	1292,73 <sup>**</sup>	507,7641 <sup>**</sup>	1079,1600 <sup>**</sup>
Zeólita (z)	1	98,01 <sup>*</sup>	119,26 <sup>ns</sup>	31,9358 <sup>ns</sup>	370,4811 <sup>**</sup>
Interação (SxZ)	3	18,23 <sup>ns</sup>	147,84 <sup>*</sup>	58,3580 <sup>*</sup>	146,3215 <sup>**</sup>
Resíduos	85	14,48	51,98	19,8254	33,3233
Total	95	-	-	-	-

CV	-	9,66	15,66	14,68	12,79
Com (z)	47	38,40b	44,94a	29,75a	43,18b
Sem (z)	47	40,42a	47,17a	30,90a	47,11a
Total	94	-	-	-	-

ns, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, C. V. – coeficiente de variação. Gl – grau de liberdade. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 2.** Altura de plantas-AP (A) e números de ramos-NR (B), biomassa seca da parte aérea (BSPA) e biomassa seca total (BST) da espécie ornamental, *Ixora coccinea* submetida à irrigação com água salina com presença e ausência de zeólitas.

Para a altura da planta, observa-se no efeito isolado da salinidade com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, provocou um decréscimo linear na variável analisada e isso se intensificou com o tempo que foi de 90 dias da espécie *Ixora coccinea* L exposta ao estresse salino (Figura 2A). Considerado as reduções em altura da espécie exposta ao maior nível salino, quando comparado ao tratamento controle, é observado uma redução em porcentagem de aproximadamente 13,8% no qual representa 1,35 cm por incremento unitário da condutividade elétrica.

Os resultados indicam que as plantas quando expostas as condições salinas, seu desempenho é comprometido pelo efeito iônico e osmótico e assim, ocasionam modificações

em suas atividades metabólicas celulares, além de comprometer o processo de alongamento celular, fazendo com que o crescimento da planta seja reduzido e em casos muito severo, pode ocorrer a morte da planta como um todo (TAIZ & ZEIGER, 2013). Alves *et al.* (2011), reforça que o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem o seu potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes às plantas, corroborando com o observado.

Na Figura 2B, pode-se observar que teve efeito da interação, assim é notável que a zeólita teve um efeito positivo no número de ramos com redução de 23,1 % e aparecendo valores maiores no tratamento sem zeólita com taxa percentual de 38,1%. Os valores proporcionaram perdas relativas de 2,59 e 5,16 respectivamente por cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Tanto na presença como na ausência da zeólita, o aumento da salinidade provocou um decréscimo linear no número de ramos e assim foi intensificado com o tempo da espécie submetida ao estresse salino. Os dados referentes a números de ramos, parecem indicar benefício da zeólita com o incremento da salinidade, já que a redução foi menor em comparação os tratamentos sem zeólita e as curvas tendem a se cruzar em níveis mais elevados de salinidade e necessita-se de mais estudos para obtenção de mais conhecimentos dos possíveis benefícios da zeólita em plantas ornamentais (Figura 2B).

Os valores mostram para os dois tratamentos citado anteriormente que o efeito da salinidade foi crucial no processo de diminuição em números de ramos. Segundo Farias *et al.* (2009), a inibição do crescimento e da produtividade das plantas provocadas pela salinidade está atribuída ao desbalanceamento nas relações hídricas e nutricionais das plantas e ao acúmulo de íons considerados tóxicos como é notável nas taxas redutivas das Figuras anteriores. Contudo, Willadino e Câmara (2010), reforçam que os mecanismos de tolerância à salinidade ainda não estão bem elucidados pelo fato de serem extremamente complexos e envolverem alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas.

Para a biomassa seca da parte aérea (Figura 2C) e biomassa seca total (Figura 2D) foi constatado efeito da interação salinidade x zeólita. Verificou-se que para essas duas variáveis a salinidade provocou reduções lineares, com decréscimos de 1,69 e 3,15 g planta<sup>-1</sup> para cada incremento de condutividade elétrica, para os tratamentos com e sem zeólitas, respectivamente. Isso resultou reduções de 24% e 35,9 % quando comparado o maior nível de salinidade com o tratamento controle, respectivamente para os tratamentos com e sem zeólitas. Resultados similares foram observados para a biomassa seca total (Figura 2D).

Redução na produção de biomassa de plantas ornamentais sob estresse salino tem sido observada também por diversos autores, Niu *et al.*, 2013; Valdés *et al.*, 2014; Alvarez & Sánchez-Blanco, 2015; Oliveira *et al.*; 2017; Neves *et al.*, 2018; Oliveira et al, 2018), sendo esta uma variável de referência para indicação da tolerância das plantas a salinidade (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Entretanto, não existem relatos sobre a interação entre salinidade e aplicação de zeólitas em plantas sob estresse salino. Os dados de biomassa do presente estudo (Figuras 2C e 2D) parecem indicar benefício da zeólita com o incremento da salinidade, visto que a taxa de redução no tratamento com zeólita foram menores e as curvas tendem a se cruzar em níveis mais elevados de salinidade (Figura 2C e 2D).

## CONCLUSÃO

A salinidade da água de irrigação apresentou efeitos deletérios à espécie ornamental *I. coccínea*, provocando reduções nas trocas gasosas foliares. Porém, não se observou acúmulo de Na<sup>+</sup> nos tecidos foliares, sugerindo que os efeitos negativos da salinidade foram associados principalmente ao componente osmótico do estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANDRASEKHAR, S. AND PRAMADA, P.N. Sintering behavior of calcium exchanged low silica zeolites synthesized from kaolin. *Ceramics International*, v.27, 105–114, 2001.

GARCIA-CAPARRÓS, P., LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. *Scientia Horticulturae*, 240, 430-439, 2018.

LACERDA, C. F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; NEVES, A.L.R.; SOUSA, G.G.; GHEYI, H.R. **Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura**. In: GHEYI, H. R. et al. (eds.). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. 2. ed. Fortaleza, INCTSal. 2016. Capítulo 21, 337-349, 2016.

MUNNS, R., HUSAIN, S., RIVELLI, A. R., RICHARD, A. J., CONDON, A. G., MEGAN, P. L., Evans, S. L., Schachtman, D. P., Hare, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of



crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, v.247, p.93-105, 2002.

SUN, J.; WANG, M. J., DING, M. Q., DENG, S. R., LIU, M. Q., LU, C. F., ZHOU, X. Y., SHEN, X., ZHENG, X. J., ZHANG, Z. K., SONG, J., HU, Z. M., XU, Y., CHEN, S. L. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and cytosolic Ca<sup>2+</sup> signals triggered by the PM H<sup>+</sup>-coupled transport system mediate K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> homeostasis in NaCl stressed *Populus euphratica* cells. ***Plant Cell e Environment***, v.33, n.6, p.943-958. 2010.

VIEIRA, L. H., RODRIGUES, M. V., MARTINS, L. **Cristalização convencional de zeólitas e induzida por sementes.** *Química Nova*, v.37, n.9, p.1515-1524, 2014.