

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM MUDAS DE CANA-DE-  
AÇÚCAR PRÉ-CONDICIONADAS COM ÁCIDO SALICÍLICO.**

HENARMMANY CRISTINA ALVES DE OLIVEIRA

RECIFE  
2018

# **INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-CONDICIONADAS COM ÁCIDO SALICÍLICO.**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da UFRPE como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Ulisses de Carvalho Silva.

RECIFE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- O48i Oliveira, Henarmmany Cristina Alves de  
Indução de tolerância ao estresse salino em mudas de cana-de-açúcar pré-condicionadas com ácido salicílico: / Henarmmany Cristina Alves de Oliveira. - 2018.  
35 f. : il.
- Orientadora: Cláudia Ulisses de Carvalho Silva.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, 2019.
1. Saccharum spp.. 2. Estresse oxidativo. 3. Bioquímica. 4. MDA. 5. Rustificação. I. Silva, Cláudia Ulisses de Carvalho, orient. II. Título

HENARMMANY CRISTINA ALVES DE OLIVEIRA

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM MUDAS DE CANA-DE-  
AÇÚCAR PRÉ-CONDICIONADAS COM ÁCIDO SALICÍLICO.**

Comissão Avaliadora:

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Ulisses de Carvalho Silva

Departamento de Biologia - UFRPE

Orientadora

---

Dr.<sup>a</sup> Lindomar Maria de Souza

Pesquisadora do Laboratório de Anatomia e Bioquímica de Plantas - UFRPE

Membro titular

---

Dr.<sup>a</sup> Natália Maria Corte Real de Castro

Pesquisadora do Laboratório de Fisiologia e Cultivo *in vitro* de Plantas - UFRPE

Membro titular

---

MSc. Luiz Palhares Neto

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Botânica - UFRPE

Suplente

RECIFE

2018

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Senhor de todas as coisas. A minha mãe, bem como minha querida família que desde sempre apoiou, incentivou e esteve ao meu lado. À Renato, meu companheiro de jornada que por todo esse período de iniciação científica e monografia com todo o seu amor teve paciência infinita para comigo. Te amo! A minha família do coração: LCTV, LAB-Planta e LFC-Planta. Em especial as minhas professoras orientadoras e coorientadores. A prof<sup>a</sup> Lília que acreditou na minha capacidade e oportunizou meus aprendizados no ramo da fisiologia vegetal. A minha querida Prof.<sup>a</sup> Cláudia por toda dedicação, auxílio, ensinamentos, encorajamento e incentivo, mesmo quando eu duvidava da minha capacidade. À Bruna, minha parceira de projeto, PIBIC e monografia #GirlsDaCana. À Linda, Neto, Léo e Rafa pelas assistências, aconselhamentos e concessões de tempo à me ensinar duas, três e até dez vezes se fosse preciso. À Well por todo carinho e alegria. Vocês são incríveis!

A Pamela, Marcos e Natália pelos incentivos, carinho e amizade diários. Ao prof. Marcus pela sua contribuição para a finalização deste trabalho. Aos meus amigos de graduação, Eric, Dani, Cosmo, Woldney e Eri por toda “moral”, alegria e companheirismo de sempre, eu amo vocês! #DaUFRPEparaAvida Às minhas amigas do coral UFRPE Wanda e Izabelly ainda que com todos os pesares sempre estiveram comigo e me faziam sorrir nas dificuldades. Aos meus amigos Paixão, Priscila, Gabi, Zé e Duds que sempre sempre sempre apoiaram e acreditaram em mim. À UFRPE pela oportunidade de desenvolvimento e capacitação científica. À Estação Experimental de Cana-de-açúcar (EECAC-UFRPE), em Carpina pela concessão do material vegetal. A todos que indiretamente ajudaram de alguma forma.

Obrigada!

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	5
<b>ABSTRACT</b>	6
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	7
1.1. Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum</i> spp): Características botânicas e econômicas	7
1.2. Salinidade e estratégias de tolerância das plantas	8
1.3. Pré-Condicionamento ( <i>priming</i> )	11
<b>2. INTRODUÇÃO</b>	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	13
3.1. Local do experimento	13
3.2. Preparo do material vegetal	14
3.3. Pré-condicionamento com ácido salicílico e aplicação do estresse salino	14
3.5. Avaliações bioquímicas e fisiológicas	15
3.6. Análises estatísticas	15
<b>4. RESULTADOS</b>	15
4.1. Biometria e biomassa	15
4.2. Teores dos pigmentos (clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , totais e carotenoides)	19
4.3. MDA e H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	22
<b>5. DISCUSSÕES</b>	23
<b>6. CONCLUSÃO</b>	25
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	26

## Indução de tolerância ao estresse salino em mudas de cana-de-açúcar pré-condicionadas com ácido salicílico.

**RESUMO:** Dentre todas as condições ambientais adversas às quais as plantas são submetidas, a salinidade está entre as principais, pois provoca uma redução no rendimento das culturas. Diante desse fato, se faz necessário criar métodos que favoreçam a adaptação das plantas frente a estas condições, uma delas é a aplicação de tratamentos de pré-condicionamento (*priming*) antes de sujeitá-las a ambientes desfavoráveis. O objetivo do presente trabalho foi promover a tolerância ao estresse salino em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade Ridesa (RB92579), usando aplicação do ácido salicílico (AS) como *priming*. O delineamento experimental adotado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado), perfazendo um esquema fatorial de 3 x 3, correspondendo a três níveis de *priming*: 0mg L<sup>-1</sup>, 150mg L<sup>-1</sup> e 300 mg L<sup>-1</sup> e três níveis de concentrações salinas (0 mM, 25 mM e 50 mM de NaCl), onde cada tratamento foi constituído por seis repetições. Foi aplicado (única aplicação) nas plantas, através de pulverização, AS seguindo os tratamentos supracitados e posteriormente, após quinze dias as plantas receberam os tratamentos com NaCl. A cada 10 dias durante 40 dias foram mensurados dados biométricos como: altura das plantas (ALT), biomassa fresca (BFA) e seca (BSA) da parte aérea e biomassa fresca radicular (BFR) e seca (BSR). Também foram determinados os teores de clorofila *a*, *b*, totais, carotenoides e malondealdeído (MDA). O estresse salino promoveu reduções da ALT, BFA, BSA, porém não alteraram a BSR, tão pouco os pigmentos fotossintéticos. O *priming* promoveu reduções nos parâmetros biométricos e aumento de clorofila *b* a 300mg L<sup>-1</sup> de AS. As plantas não submetidas aos tratamentos salinos, mas que receberam 150mg L<sup>-1</sup> de AS reduziram a BFR. A aplicação do *priming* proporcionou reduções da peroxidação lipídica (MDA) e o teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> agiu com um sinalizador de ROS. A aplicação do NaCl na variedade RB92579 de cana-de-açúcar não promoveu estresse oxidativo nas plantas, como consequência do estresse salino, possivelmente esse comportamento pode estar associado a concentração baixa de NaCl aplicada para a variedade, impossibilitando verificar de forma efetiva a aplicação do ácido salicílico como *priming*.

**Palavras-chaves:** *Saccharum* spp.; Estresse oxidativo; Bioquímica; MDA; Rustificação.

## **Induction of tolerance to saline stress in sugarcane seedlings pre-conditioned with salicylic acid.**

**ABSTRACT:** Among all the adverse environmental conditions to which the plants are submitted, the salinity is among the main ones, as it causes a reduction in the yield of the crops. In view of this fact, it is necessary to create methods that favor the adaptation of plants to these conditions, one of them is the application of priming treatments before subjecting them to unfavorable environments. The objective of the present work was to promote tolerance to saline stress in pre-sprouted sugarcane seedlings of the Ridesa variety (RB92579), using salicylic acid (AS) as priming. The experimental design was DIC (completely randomized delimitation), with a factorial scheme of 3 x 3, corresponding to three levels of priming: 0mg L<sup>-1</sup>, 150mg L<sup>-1</sup> and 300mg L<sup>-1</sup> and three levels of saline concentrations (0 mM, 25 mM and 50 mM NaCl), where each treatment consisted of six replicates. It was applied (single application) in the plants by spraying, AS following the above treatments and after, after fifteen days the plants received the treatments with NaCl. Biometric data, such as: plant height (ALT), fresh biomass (BFA) and dry matter (BSA) and fresh radicular (BFR) and dry biomass (BSR) were measured every 10 days for 40 days. The levels of chlorophyll a, b, total, carotenoids and malondealdehyde (MDA) were also determined. Saline stress promoted reductions of ALT, BFA, BSA, but did not alter BSR, nor did the photosynthetic pigments. Priming promoted reductions in biometric parameters and increase of chlorophyll *b* at 300mg L<sup>-1</sup> AS. Plants not submitted to salinity but receiving 150 mg L<sup>-1</sup> of AS reduced BFR. The application of priming provided reductions in lipid peroxidation (MDA) and the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content acted with a ROS indication. The application of NaCl in the variety RB92579 of sugarcane did not promote oxidative stress in the plants, as a consequence of the salt stress, possibly this behavior may be associated with the low concentration of NaCl applied to the variety, making it impossible to verify effectively the application of salicylic acid as priming.

**Keywords:** *Saccharum* spp .; Oxidative stress; Biochemistry; MDA; Rustification.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1. Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): Características botânicas e econômicas.

A cana-de-açúcar pertence ao gênero *Saccharum* L., família Poaceae, fazendo parte de um conjunto de espécies de gramíneas perenes altas, oriundas da Ásia Meridional. Essa gramínea tem uma relevante importância no agronegócio brasileiro, não somente como o abastecedor da matéria-prima com grande movimentação energética para produção de biocombustíveis (etanol), mas também pelos diversos produtos gerados do seu processamento da matéria-prima da cana-de-açúcar, como açúcar, bagaço e energia elétrica (TROMBETA & CAIXETA FILHO, 2017).

A produção de mudas de cana-de-açúcar através de propagação vegetativa possibilita consideráveis taxas de multiplicação. Visando proporcionar uma produção rápida de mudas, promover um alto padrão de fitossanidade, vigor, uniformidade de plantio, contribuindo para o aumento dos rendimentos econômicos nos canaviais, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desenvolveu o sistema de mudas pré-brotadas (MPB). Segundo essa técnica, os colmos de cana-de-açúcar são coletados, cortados e submetidos a cuidados fitossanitários com fungicidas, obtendo-se as gemas individualizadas, chamadas rebolos, medindo aproximadamente 3 cm de diâmetro. Após todo o processo, as plantas estarão prontas para serem levadas ao campo (LANDELL *et al.*, 2012).

Apesar dos esforços para criação de métodos que possibilitam altos padrões de qualidade das vias de propagação vegetativa como o sistema MPB, idealizado pela IAC, a Companhia Nacional de Abastecimento rela previsões de sucessivas baixas ao longo das safras para a cana-de-açúcar. Em áreas de colheita, os números apontam para perda de 3,4%, considerando a safra de 2016 (CONAB, 2017). É esperado que na safra 2017/18 que haja redução de 3,3% em relação à safra anterior. O primeiro levantamento estimado para produção da cana-de-açúcar em 2018 (safra 2018/19) leva em consideração aspectos como extensão da área de expansão, zona de produção, produtividade, plantio, desenvolvimento da planta tendo como principal produto final a produção de açúcar e a produção de etanol. A previsão é decréscimo de 3,6% na produção de açúcar e 2,3% no etanol hidratado, em comparação com a safra de 2017 (CONAB, 2018).

A zona da mata da região nordeste do Brasil, demonstra condições edafoclimáticas ótimas para os canaviais, contudo devido à importância econômica da cana-de-açúcar, se faz necessário a ampliação do seu cultivo para áreas semiáridas (OLIVEIRA & BRAGA, 2011). A região semiárida brasileira é caracterizada por solos rasos, (OLIVEIRA, 2015), pela abundância de sais nos solos, irregulares chuvas, carência de drenagens, alta exploração dos patrimônios naturais, usos impróprios de água de irrigação e de áreas de manejos. Essas particularidades ocasionam obstáculos para a expansão de muitas culturas, causando dispêndios sociais, ambientais e política econômica (BARRETO *et al.*, 2016).

Sendo as constantes contenções no desenvolvimento vegetativo e colheitas de cana-de-açúcar atribuídas aos irregulares períodos de estiagens e altas temperaturas, ocasionando em solos salinizados, característica das regiões semiáridas, nasce a necessidade desenvolver métodos que possam garantir a sobrevivência das plantas, bem como a qualidade da produção, mesmo em áreas impróprias para o cultivo de culturas sensíveis a estresses abióticos. Ampliação do manejo da cana-de-açúcar para o semiárido poderá possibilitar para as futuras safras a recuperação dos valores perdidos nos anos anteriores da região nordeste, algo esperado pela CONAB (CONAB, 2018). Além disso, poderá cooperar com a economia de insumos, água e conseqüentemente rentabilidade a nível regional e nacional, já que a produção de etanol (biocombustível) visa substituir a gasolina (combustível fóssil) favorecendo a sustentabilidade (LEITE & LEAL, 2007).

## **1.2. Salinidade e estratégias de tolerância das plantas**

Solos salinos, halomórficos ou sódicos podem se originar basicamente de duas formas: antropogênica ou natural (geológica). A antropogênica consiste na exploração de áreas agrícolas, uso inadequado de água de irrigação (RENGASAMY, 2010) ou ainda a irrigação com água de baixa qualidade. Tendo como resultado o acúmulo de sais solúveis, sódio trocável, ou ambos, em horizontes ou camadas superficiais. A geológica diz respeito à degradação física, química e biológica das rochas ou a má distribuição das chuvas. (RIBEIRO *et al.*, 2003). A causa comum do processo de salinização dos solos na região nordeste do Brasil é descrita por como resultado dos minerais e rochas primários que foram levados pelas águas e armazenados nos solos e à medida que havia evapotranspiração, ou consumo da

água pelas plantas, os sais solúveis se acumulavam e assim era originado o processo de salinização dos solos (DAKER, 1988 e WANDERLEY, 2009).

As plantas necessitam absorver água do solo para realizar seus processos vitais, para isso, as mesmas obedecem a um potencial. O potencial da água se sujeita a concentração do soluto (potencial osmótico —  $\Psi_s$ ), a pressão hidrostática ( $\Psi_p$ ) e a gravidade ( $\Psi_g$ ) —  $\Psi_{H_2O} = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$ . Ou seja, os vegetais conseguem absorver água quando o potencial hídrico das células, nos tecidos radiculares, for menor que o potencial hídrico do solo, pois por osmose a água vai do meio mais concentrado para o menos concentrado. Porém a presença de sais solúveis no solo tende a aumentar a força de retenção da água em função do seu efeito osmótico e isso pode causar déficit hídrico na planta. Significa dizer que a disponibilidade de água para a planta reduz à medida que a salinidade aumenta (DIAS & BLANCO, 2010). Pode-se estimar o potencial osmótico de um solo quanto à condutividade elétrica (CE). Ayers & Westcot (1999) descrevem que a restrição de água é baixa ou nula quando o CE < 0,7 dS m<sup>-1</sup>, moderado quando 0,7 dS m<sup>-1</sup> < CE < 3,0 dS m<sup>-1</sup> e severa quando o CE > 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

Contudo existem plantas que possuem a estratégias para manter a homeostase, ainda que o potencial da água do solo esteja baixo, (EPSTEIN & BLOOM, 2006), essas são chamadas de halófitas. As mesmas armazenam no vacúolo das suas células foliares os íons salinos embebidos, de forma a não prejudicar a manutenção dos seus processos metabólicos (SILVA *et al.*, 2000).

Porém também existem plantas sensíveis à salinidade, no caso da cultura de cana-de-açúcar, moderadamente sensível à salinidade, pois ocorre redução de 50% dos rendimentos em solos que possuem CEa próximos a 10 dS m<sup>-1</sup> (SANTANA *et al.*, 2007).

Para sobreviver lugares hostis, como solos salinos, às mesmas precisam dispor de estratégias e isso significa modificações nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos, sendo essas respostas frequentemente relacionadas com as do déficit hídrico. Pelo outro lado, a não adaptação a ambientes salinos significa toxicidade específica dos elementos químicos em excesso, principalmente sódio, acarreta comprometimento no crescimento vegetativo (MENDES *et al.*, 2011) e atenuação da biomassa e parte aérea, como demonstrado por Willadino *et al.* (2011), trabalhando com salinidade em variedades de cana-de-açúcar.

Silva *et al.* (2014) utilizando como material vegetal a cana-de-açúcar, observou uma redução de 37% no teor de clorofila *a* e 34% em clorofila *b* da cultivar RB835054, submetida a estresse hídrico. O estresse hídrico pode estar atrelado ao estresse salino, pois esse último por ocasionar o acúmulo de sais, conseqüentemente limita a disponibilidade hídrica, e pode provocar um declínio progressivo do teor de pigmentos nas folhas, assim como comprometimento da sua eficiência fotossintética, situação relacionada ao declínio da produtividade agrícola da cultura (SILVA *et al.*, 2014).

Um das dessas estratégias de proteção da planta é a criação de vias metabólicas secundárias, e neste caso ocorrerá à expressão de genes associados à defesa, frente ao estresse imposto (SOARES & MACHADO, 2007). Essa mesma via de proteção forma as espécies reativas de oxigênio (EROS), principalmente do ânion superóxido ( $O_2^-$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (HU *et al.*, 2009). As EROS são formadas nos cloroplastos, mitocôndrias, peroxissomos ou em qualquer ambiente celular que tenha possibilidade redox o bastante para excitar ou doar um elétron ao oxigênio. Estudos recentes indicam que as EROS contribuem para a regulação do desenvolvimento, diferenciação, balanço redox, sinalização bioquímica contra estresses bióticos e abióticos e apoptose (MITTLER, 2017)

Contudo o acúmulo de EROS pode acarretar estresse oxidativo, tem efeitos deletérios nas biomoléculas (GILL & TUTEJA, 2010), dentre outras conseqüências pode provocar acréscimo na peroxidação lipídica. O aumento da peroxidação lipídica é percebido pelo incremento no teor de malondialdeído (MDA), sendo já relatado em variedades de cana-de-açúcar submetidas a estresse salino (MELO, 2016 e MURAD *et al.*, 2014). Pois o incremento dos teores de MDA é registrado em função dos danos causados nas membranas celulares devido ao estresse nas plantas (MURAD *et al.*, 2014).

Diante da importância sócio-econômica da cana-de-açúcar e por ser considerada uma cultura glicófito, ou seja, uma planta moderadamente sensível à salinidade, sendo inevitável conseqüência do excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas superficiais, tem como produto final diminuição da capacidade vegetativa, redução da produtividade e prejuízos socioeconômicos (MUNNS & TESTER, 2008 e WILLADINO & CAMARA, 2010). Por isso é importante à busca por métodos que proporcionem a maior tolerância dessas plantas aos solos salinos.

### 1.3. Pré-Condicionamento (*priming*)

O método de pré-condicionamento (ou *priming*) consiste na exposição de plantas jovens a condições leves ou moderadas de estresses, objetivando induzir uma maior tolerância a exposições secundárias de estresses bióticos e/ou abióticos. Respostas à aplicação de *priming* diante de estresses abióticos nas plantas já foi comprovado em sementes (SZALAI *et al.*, 2011 e DALLALI *et al.*, 2012), em plântulas (AFZAL *et al.*, 2011; REHMAN *et al.*, 2011), discos foliares (MUNIR & AFTAB, 2009) e ápices caulinares *in vitro* (BIBALDI *et al.*, 2012). Ou utilizando métodos inovadores como os biorreatores de imersão temporária, neste caso o *priming* agiu como indutor ou sinalizador de tolerância ao estresse salino promovido na variedade RB98710 de cana-de-açúcar (MELO *et al.*, 2014).

A ação benéfica de um agente *priming* como o ácido salicílico (AS) se mostra relevante, principalmente como um hormônio vegetal que assiste as plantas contra estresses abióticos, estimulando uma cascata de mecanismos bioquímicos e fisiológicos, conferindo uma tolerância ao estresse (HORVÁTH *et al.*, 2007). Os experimentos de Janda e colaboradores (1999) com plantas jovens de milho (*Zea mays* L.) onde o incremento de AS à solução de crescimento hidropônico, proporcionou resistência a efeitos abióticos, ou seja, o pré-condicionamento de plantas de milho com AS permitiu induzir as plantas ativar uma “memória ao estresse” que elas foram submetidas quando ainda jovens através de ação de enzimas antioxidantes, dando-lhes resistência àquele estresse. Alguns trabalhos nos permitem perceber o efeito do AS já em eventos iniciais, porém críticos (ANAYA *et al.*, 2015) como a germinação de sementes de fava (*Vicia faba* L.). Ainda que sob condições de estresse, aplicações de AS forneceu resistência à salinidade, demonstrada pelo aumento da taxa de germinação da fava, conforme acréscimo da concentração de AS (ANAYA *et al.*, 2015). A cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.), sendo também uma glicófita, quando submetida a estresse abiótico pode ter seus rendimentos comprometidos de 17 a 70% (NOURI-GANBALANI *et al.*, 2009). Porém experimentos realizados por Sedaghat *et al.* (2017) onde uso de AS em plantas de trigo demonstraram bons resultados em função dos valores baixos de peroxidação lipídica, expressa através do conteúdo de MDA, que nos células vegetais é frequentemente empregado para mensurar a tolerância da planta a estresses (SHI *et al.*, 2011). O trabalho realizado por Melo *et al.* (2014) utilizando a variedade RB98710 de cana-de-açúcar demonstrou que o efeito de *priming*, como agente

indutor de tolerância, promoveu respostas positivas frente à estresses abióticos. Segundo Patade *et al.* (2009) tratamentos usando indutor de tolerância pode o crescimento das plantas, em condições salinas, resultando no incremento da produção de matéria seca e fresca. Estudos como esses provam que a exposição prévia de diferentes culturas a um agente *priming* pode promover respostas de tolerância ao estresse.

## 2. INTRODUÇÃO

Devido à importância econômica da cultura de cana-de-açúcar, principalmente no que diz respeito à produção de biocombustíveis como etanol que visa substituir combustíveis fósseis como: gasolina, gás natural e carvão mineral. A cana é vista como uma alternativa para o uso de energia renovável, contribuindo para a redução de gases poluentes, buscando alternativas de sustentabilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Em razão de fornecer incremento no agronegócio, beneficiamento de cunho social e ecológico, o interesse no cultivo da cana-de-açúcar é crescente em determinadas regiões do país. Devido a esse interesse econômico faz-se necessário a expansão do cultivo canavieiro para maiores extensões do semi-árido (WILLADINO *et al.*, 2011). Entretanto a região semi-árida apresenta períodos instáveis de estiagens, além da topografia irregular e altas temperaturas, ocasionando também em exacerbado acúmulo de sais no solo, transformando-se num ambiente hostil para as plantas moderadamente sensíveis a salinidade, como é o caso da cana-de-açúcar, pois as mesmas possuem declínio no desenvolvimento à medida que há incremento da salinidade (SIMÕES *et al.*, 2016).

Devido a toxicidade específica dos elementos químicos em excesso, causados pela salinização dos solos (SILVA *et al.*, 2010), característica do semi-árido brasileiro, ocorre nas plantas a redução de desenvolvimento, crescimento (MITTLER *et al.*, 2004), reduções nos teores de pigmentos (SILVA *et al.*, 2014), efeitos já documentado em culturas de cana-de-açúcar (SILVA *et al.*, 2014 e WILLADINO *et al.*, 2011), bem como aumento da peroxidação lipídica também é relatado em variedades de cana-de-açúcar sensíveis a salinidade (MELO, 2016 e MURAD *et al.* 2014). Pois a grande concentração desses elementos tóxicos tais como Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, pode promover a formação de espécies reativas de oxigênio

(EROS) que como consequência desencadeia estresse oxidativo, causando efeitos deletérios nas plantas (GILL & TUTEJA, 2010).

A fim de neutralizar o efeito oxidativo das EROS, as plantas dispõem de um sistema de defesa eficaz (WILLADINO & CAMARA, 2010 e DEWIR *et al.*, 2006) representado por um complexo enzimático e metabólitos antioxidantes. Quando a planta em questão é estimulada a formar EROS, dependendo da intensidade e tempo de estímulo ao estresse, pode ser estimulado um mecanismo de “memória ao estresse” e a planta, no momento em que for submetida a uma segunda exposição ao agente estressor, através de mecanismos bioquímicos e fisiológicos terá condições promover respostas posteriores de rustificação, esse processo é conhecido como *priming* (KILIAN *et al.*, 2012 e SANI *et al.*, 2013). Respostas de plantas à aplicação de *priming* diante de estresses abióticos sofridos pelas plantas já é comprovado por diversos autores (DALLALI *et al.*, 2012; AFZAL *et al.*, 2011; BIDABADI *et al.*, 2012), inclusive como indutores ou sinalizadores de tolerância ao estresse para cana-de-açúcar (DE MELO *et al.*, 2014) colaborando para a tolerância a salinidade e promovendo manutenção do crescimento de plantas de cana-de-açúcar (PATADE, KUMARI & AHMED, 2011). Diante da importância socioeconômica da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.), surge a necessidade de expansão do cultivo para a região semi-árida (SIMÕES *et al.*, 2016). Contudo, sendo a cana-de-açúcar moderadamente sensível a salinidade, é necessário dispor de cultivares que tolerem às condições ambientais desfavoráveis, contribuindo para o agronegócio sustentável (MELO *et al.*, 2016).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros biométricos e bioquímicos após do uso de um agente *priming* composto por ácido salicílico, avaliando os efeitos do pré-condicionamento sobre a indução de tolerância à salinidade em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB92579.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação anexo do Laboratório de Fisiologia e Cultivo *in vitro* de Plantas (LFC-PLANTA), pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Recife, estado de Pernambuco.

### 3.2. Preparo do material vegetal

Foram utilizados rebolos de mudas pré-brotadas (MPB) da variedade “RB” (República Brasileira) RIDESA RB92579 de cana-de-açúcar (alta produtividade agrícola), provenientes da Estação Experimental de Cana-de-açúcar (EECAC-UFRPE) localizada na cidade de Carpina, estado de Pernambuco.

Inicialmente rebolos contendo uma gema, medindo aproximadamente quatro centímetros, foram colocados em bandeja de alumínio com medidas de 1x1 metro, contendo substrato constituído de torta de filtro e cinza. Os rebolos foram distribuídos sobre o substrato, com as gemas voltadas para cima e sobre eles foi adicionada mais uma camada do substrato.

Aos 43 dias após brotação, ocorreu o desbaste e as mudas foram transferidas para sacos de polietileno contendo o substrato supracitado mais areia grossa lavada, na proporção de 1:1.

### 3.3. Pré-condicionamento com ácido salicílico e aplicação do estresse salino

Utilizaram-se 54 mudas, com idade fenológica de 43 dias, para aplicação do *priming* composto por ácido salicílico (AS). As mudas foram separadas em três grupos de 18 mudas, cada grupo recebeu uma única aplicação de *priming*, aplicado via aspersão foliar (até o ponto de gotejamento), onde cada grupo foi separado de acordo com as concentrações de *priming* recebidas: 0 mg L<sup>-1</sup> (controle); 150 mg L<sup>-1</sup> e 300 mg L<sup>-1</sup>. No 15º dia após a aplicação do *priming*, cada grupo foi subdividido em três para aplicação das regas salinas, correspondendo as seguintes concentrações de NaCl dissolvidas em água: 0 mM; 25 mM e 50 mM, perfazendo um delineamento experimental totalmente casualizado (DIC) composto pelo esquema fatorial 3X3 (três níveis de AS (*priming*) e três concentrações de NaCl), totalizando 9 tratamentos, com 6 repetições por tratamento. A rega salina foi realizada em dias alternados e mantida por 40 dias, a irrigação foi aplicada mantendo-se a capacidade máxima de retenção de água no recipiente. A cada 8 dias, durante 55 dias do experimento, as plantas foram fertirrigadas com um terço da solução nutritiva Kristalon® e Calcinit® (0,742g L<sup>-1</sup> e 0,84g L<sup>-1</sup> respectivamente).

### **3.4. Avaliações biométricas**

As variáveis mensuradas foram: altura das plantas (ALT), medidas em centímetro por meio de fita métrica, biomassa fresca da parte aérea (BFA), biomassa seca da parte aérea (BSA), biomassa fresca área radicular (BFR) e biomassa seca da área radicular medidas em miligramas. As amostras de parte aérea e radiculares foram secas em estufa de aeração forçada à temperatura de 70°C para determinação da matéria seca. A avaliação da biomassa foi realizada pelo cálculo da diferença entre os pesos da biomassa fresca e seca, expresso em gramas.

### **3.5. Avaliações bioquímicas**

Os teores de pigmentos fotossintéticos referentes às clorofilas *a*, *b*, *totais* e carotenoides foram determinados a partir da maceração de 0,1 g de folhas frescas em acetona (80%), completando-se o volume para 12,5 mL. O extrato obtido foi filtrado em tela de náilon de malha fina e em seguida centrifugado por 5 minutos a 2.000 g. As leituras foram feitas em espectrofotômetro e a determinação dos teores de clorofila foi realizada a 645 e 663 nm (LICHTENTHALER, 1949), para carotenoides as leituras foram feitas em 470 nm (LICHTENTHALER, 1987). Os resultados foram determinados em  $\text{mg.g}^{-1}$  MF (massa fresca).

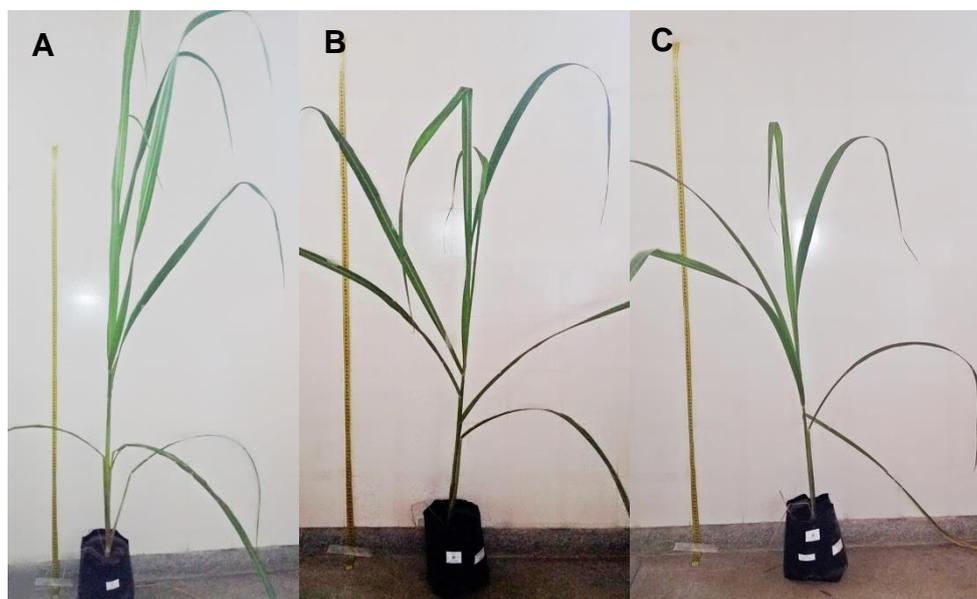
### **3.6. Análises estatísticas**

Os dados biométricos e bioquímicos obtidos foram submetidos à análise de variância pelo software estatístico 'R' e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Core Team (2017).

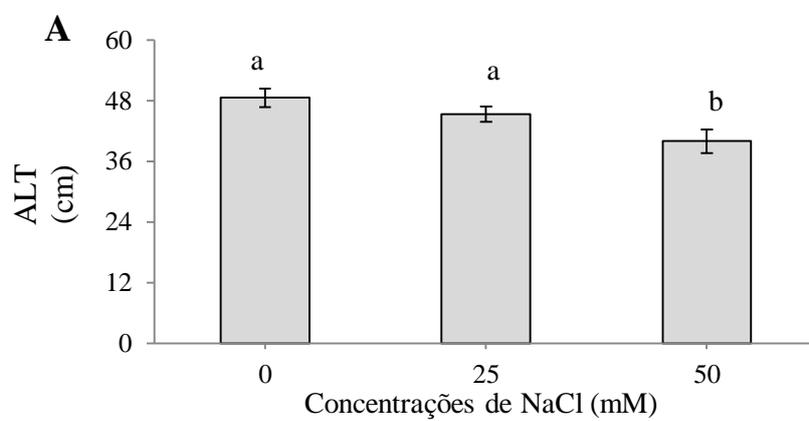
## **4. RESULTADOS**

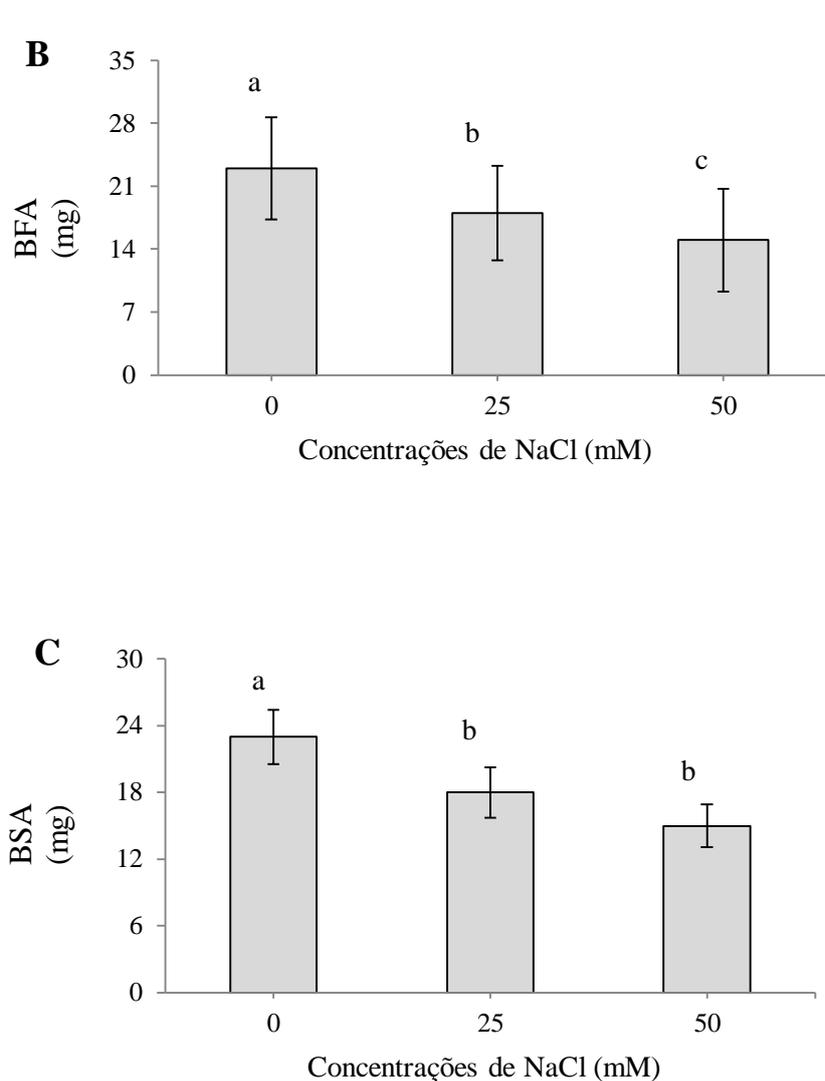
### **4.1. Biometria e biomassa**

Os parâmetros de altura (ALT), biomassa fresca (BFA) e seca de parte aérea (BSA), apesar de não apresentar interação significativa entre os tratamentos com AS e NaCl, observou-se que nos tratamentos com NaCl a biomassa da parte aérea foi afetada em relação ao controle, enquanto que a altura (AL) da planta foi comprometida na concentração de 50 mM de NaCl (Figura 2).



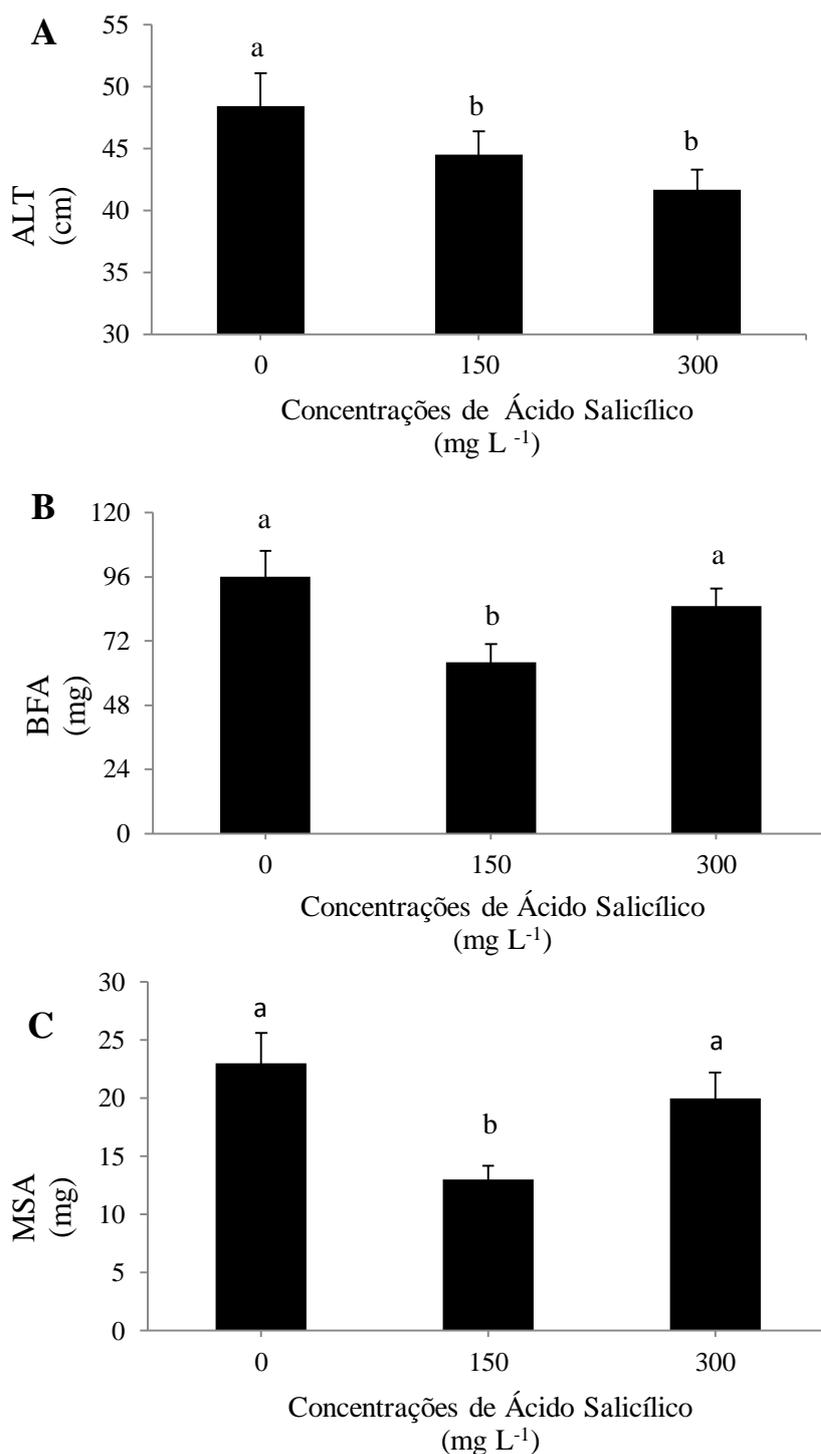
**Figura 1.** Plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579) submetidas a regas salinas durante 40 dias. (A) plantas controles regas com 0 mM de NaCl, (B) plantas que receberam regas com 25 mM de NaCl e (C) plantas que receberam regas com 50 mM de NaCl.





**Figura 2.** Avaliação do crescimento das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579) submetidas ao estresse salino durante 40 dias: (A) Altura das plantas; (B) biomassa fresca da parte aérea (BFA) e (C) massa seca da parte aérea (BSA). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

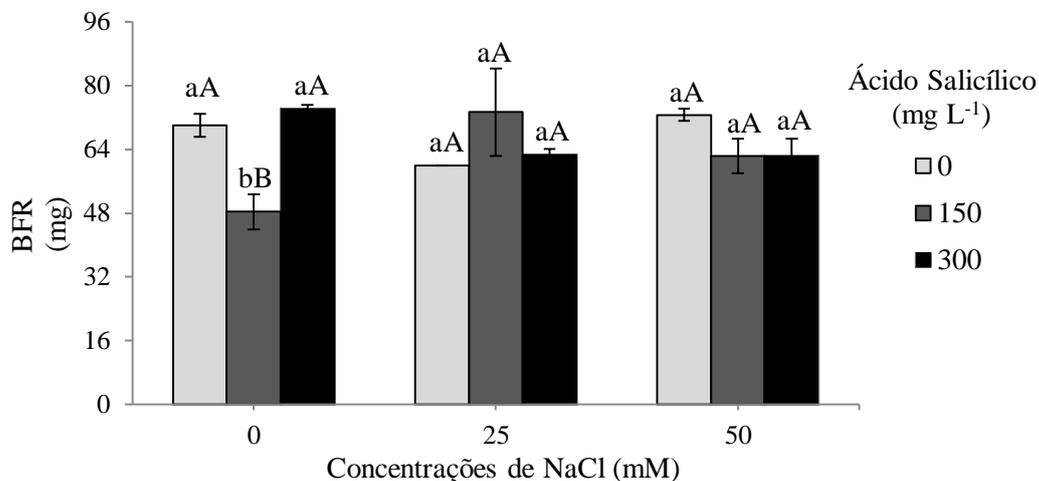
Nos tratamentos com *priming* observou-se que 64% das plantas (33,06% na concentração  $150 \text{ mg L}^{-1}$  e 30,96% na concentração  $300 \text{ mg L}^{-1}$ ) tiveram seu crescimento comprometido pela concentração de *priming* composto por ácido salicílico, à medida que esse era incrementado, enquanto que a biomassa fresca e seca da parte aérea apresentou uma redução apenas no tratamento com  $150 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2).



**Figura 3.** Avaliação do crescimento das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579) submetidas ao *priming* com ácido salicílico: (A) Altura da planta; (B) biomassa fresca da parte aérea (BFA) e (C) biomassa seca da parte aérea (BSA). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Nas plantas do controle salino (0 mM de NaCl), houve redução da biomassa fresca da raiz (BFR) no nível 150mg L<sup>-1</sup> de AS (*priming*), porém nos tratamentos com

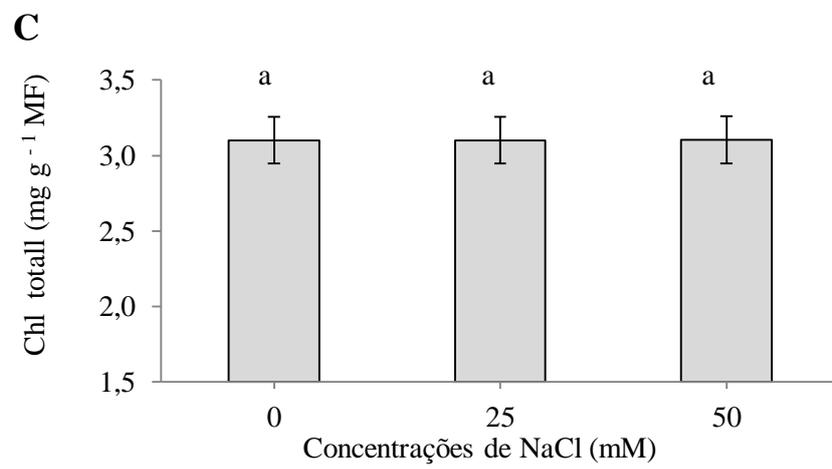
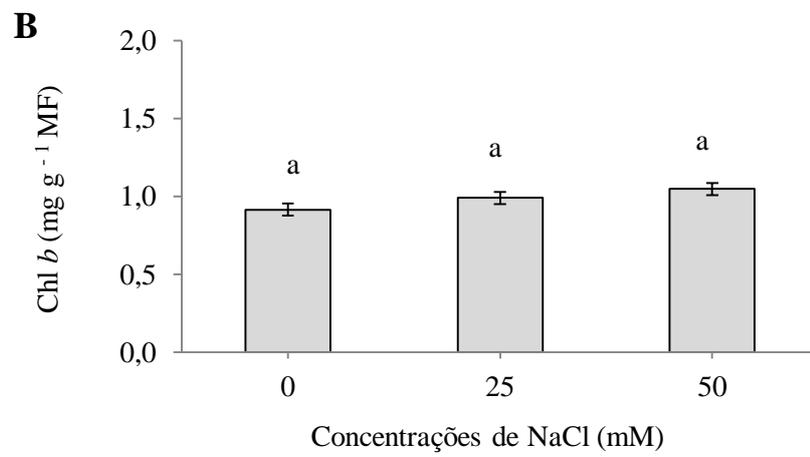
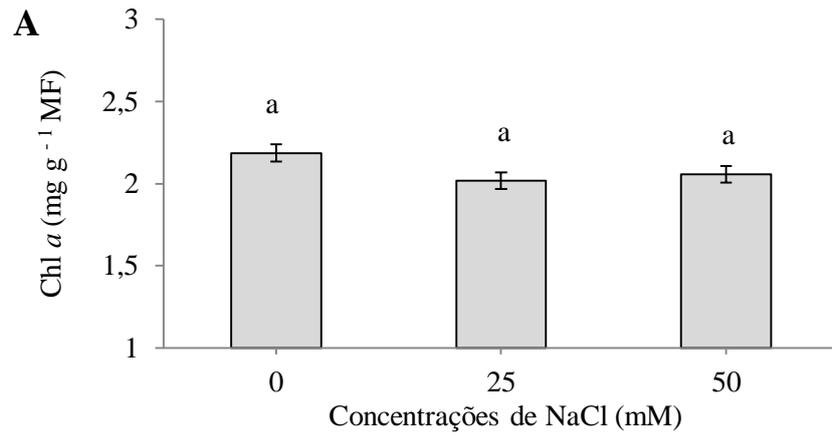
NaCl não houve diferença significativa entre os tratamentos com o *priming* (Figura 3).

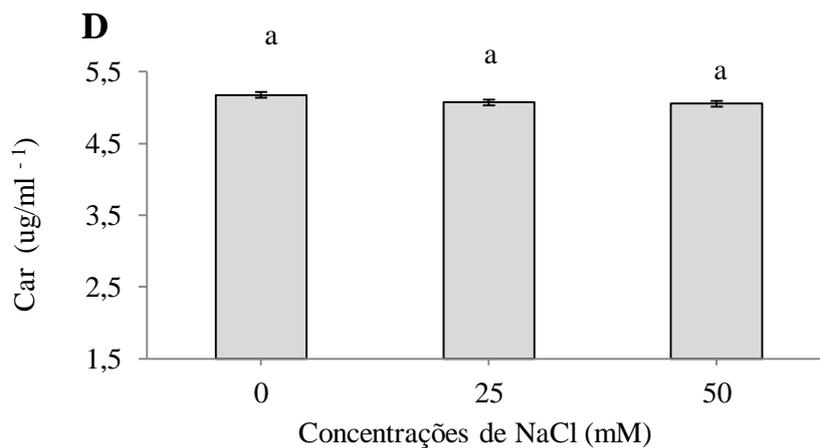


**Figura 4.** Biomassa fresca da raiz (BFR) das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579), submetidas ao estresse salino durante 40 dias, após a aplicação do *priming* (ácido salicílico). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (minúsculas entre tratamentos de *priming* do mesmo tratamento salino e maiúsculas entre tratamentos de regas salinas).

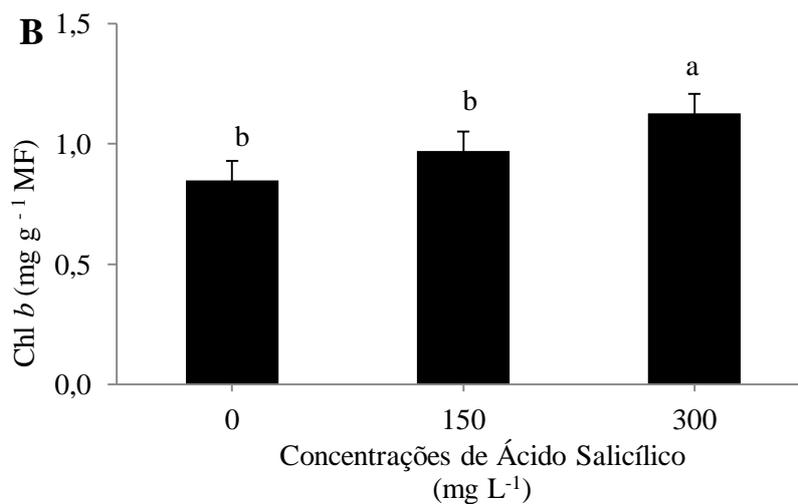
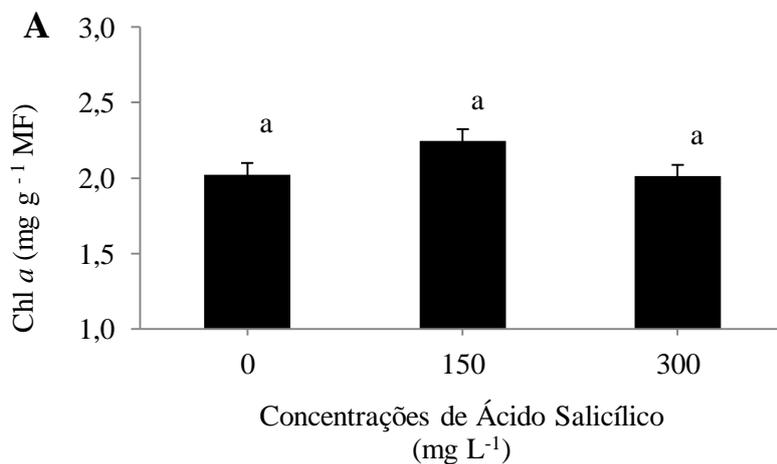
#### 4.2. Teores dos pigmentos (clorofila *a*, *b*, totais e carotenoides)

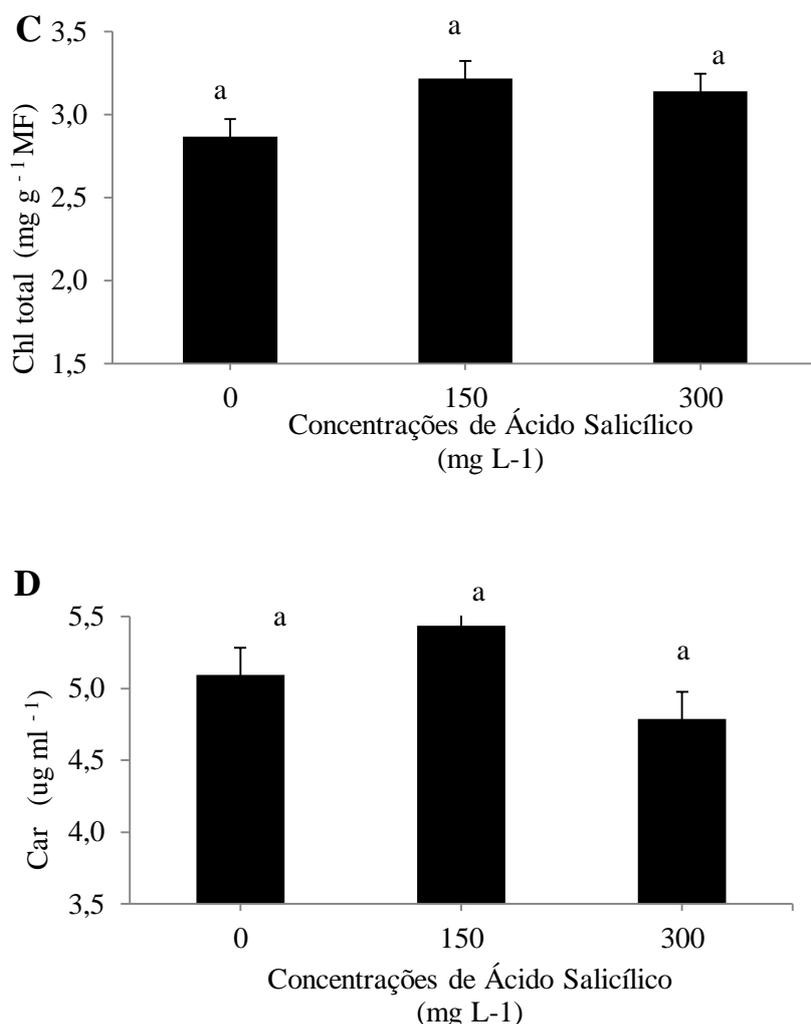
Os teores de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), clorofila totais (Chl totais) e os carotenoides (Car) das plantas que foram submetidas aos tratamentos salinos não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Segundo os resultados a aplicação do *priming* não promoveu influência nos teores de clorofila *a*, totais e carotenoides, porém observou-se um aumento no teor de clorofila *b* (Figura 6B) em plantas tratadas com 300mg L<sup>-1</sup> AS.





**Figura 5.** Teores de pigmentos fotossintéticos e acessórios das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579), submetidas ao estresse salino durante 40 dias: (A) Clorofila *a*; (B) Clorofila *b*; (C) Clorofila totais e (D) Carotenoides. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.



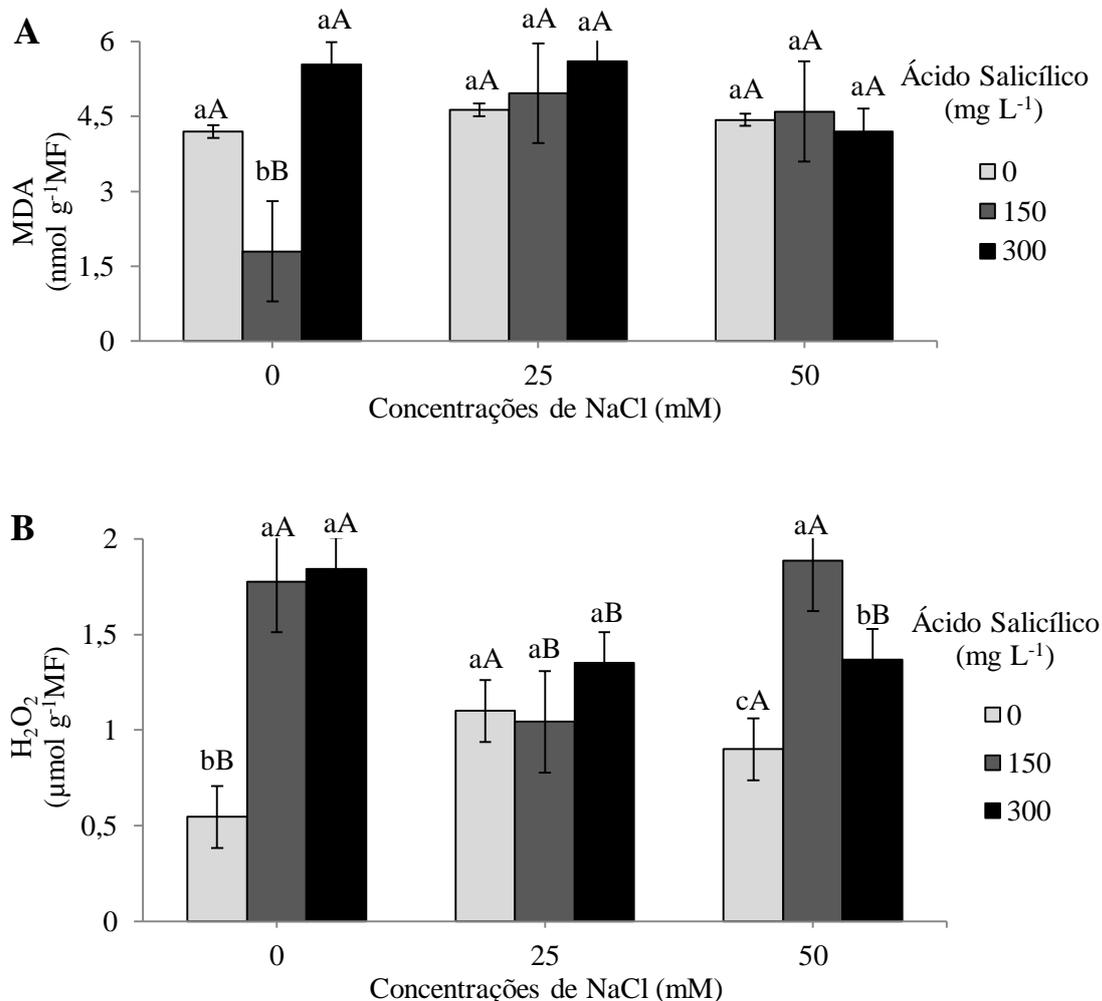


**Figura 6.** Teores de pigmentos fotossintéticos e acessórios das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579), resultantes da aplicação do *priming* com o ácido salicílico (AS): (A) clorofila *a* (mg g<sup>-1</sup> matéria fresca); (B) clorofila *b* (mg g<sup>-1</sup> matéria fresca); (C) clorofila total (mg g<sup>-1</sup> matéria fresca); e (D) carotenoides (µg ml<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### 4.3. MDA e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

As porcentagens representativas dos teores de peroxidação lipídica (MDA) nas plantas que receberam apenas a aplicação do *priming* (sem regas salinas) são: 36,41%, 15,06% e 47,9% respectivamente referentes 0 mg L<sup>-1</sup>, 150mg L<sup>-1</sup> e 300mg L<sup>-1</sup> de AS, havendo uma redução dos teores de MDA nas plantas que receberam 150mg L<sup>-1</sup> (15,06%). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (figura 7A).

Quanto aos teores de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) as plantas tratadas com *priming*, na ausência de NaCl demonstram aumento. As plantas submetidas a 50 mM de NaCl e tratadas com *priming* apresentam acréscimos no teores de  $H_2O_2$  para os tratamentos de 150 e 300  $mg L^{-1}$  de AS, representando 45,4% e 32,9% respectivamente no nível de indução ao estresse salino em questão (figura 6B).



**Figura 7.** (A) Teores de malondialdeído (MDA) e (B) teores de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) das plantas de cana-de-açúcar (var. RB92579), submetidas ao estresse salino durante 40 dias, após a aplicação do *priming* (ácido salicílico). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (minúsculas entre tratamentos de *priming* do mesmo tratamento salino e maiúsculas entre tratamentos de regas salinas).

## 5. DISCUSSÕES

Os resultados expressam reduções nos parâmetros biométricos, quanto ao crescimento e a biomassa com relação ao aumento dos níveis de salinidade na variedade RB92579 de cana-de açúcar. Trabalhos recentes corroboram com os

resultados desse trabalho (OLIVEIRA *et al.*, 2018; SOUSA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018), pois a irrigação com água salinizada, reduz a altura e a biomassa das plantas. No presente estudo o uso do ácido salicílico (AS) como indutor de *priming* promoveu incremento da biomassa fresca e seca de parte aérea na concentração mais alta de AS, atuando como indutor de crescimento. Diversos autores (ANAYA *et al.*, 2018 e JANDA *et al.*, 1999) afirmam o efeito benéfico do AS como indutor de tolerância sob estresse abiótico, no entanto no presente trabalho, o crescimento não foi promovido pelo *priming* com relação a altura das plantas. Indicando que a resposta fisiológica das plantas com relação ao *priming* irá depender do tipo e da concentração do indutor, do tempo de exposição (SILVEIRA *et al.*, 2000) e das condições do ambiente.

Após o período de irrigação com solução salina, as plantas receberam rega sem adição de NaCl durante 15 dias, quando necessário. Observou-se que os tratamentos que receberam pulverização de AS como *priming*, associados aos tratamentos salinos apresentaram um incremento na biomassa fresca de parte aérea (MFA). Esse resultado demonstra o efeito benéfico do AS como *priming*, que segundo Neves *et al.* (2009) admitem que nessa fase de ausência do NaCl as plantas estão em processo de superação, demonstrando visível recuperação dos efeitos adversos da salinidade.

Em condições hostis, como a salinização dos solos, as plantas sensíveis tendem a reduzir os teores de clorofila (SILVA *et al.*, 2010), pois a diminuição dos níveis de clorofila é uma ferramenta de defesa por atenuar a captação de energia luminosa reduzindo o fluxo de elétrons para a cadeia que os transporta, essa redução é diretamente proporcional ao decréscimo parcial do oxigênio que resulta na produção de EROS (BROSCHÉ *et al.*, 2009). Entretanto, mesmo sob exposição em dias alternados de regas salinas, durante 40 dias, as plantas não demonstraram, estatisticamente, reduções nos teores de pigmentos. A não variação estatística sugere que grande parte da radiação talvez estivesse sendo aplicada na fase fotoquímica, sem demonstrar efeito de estresse, demonstrando caráter de tolerância à indução ao estresse salino.

Nas plantas que receberam apenas a aplicação do agente *priming* foi observado aumento nos teores de clorofila *b*. Relevando que o tratamento de maior nível de AS contribuiu para a captação de energia luminosa e na sua transferência para os centros de reação (STREIT *et al.*, 2005). Resultados similares foram

observados em morango (*Fragaria* spp. var. Milsei-Tudla), onde os autores admitem que o incremento no teor de clorofila fomenta em captação de energia luminosa pelas plantas (TREVISANT *et al.*, 2017).

A ação benéfica do AS como agente atenuador do estresse abiótico é bem descrita por diversos autores (KHAN *et al.*, 2003, SINGH & USHA 2003, HORVÁTH *et al.*, 2007, JANDA *et al.*, 1999). Entretanto não foi observado efeito significativo nos teores de MDA das plantas que receberam o *priming* com AS e posteriormente submetidas às regas salinas. O MDA mensura os danos em nível de membrana, esses geralmente ocorrem como produto da peroxidação de lipídios ocasionada pelo excesso de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), em decorrência de estresse oxidativo submetido às plantas (HARRIR & MITLLER, 2009). Porém entre as plantas do tratamento controle, o menor teor de MDA foi notado nas que foram submetidas somente à aplicação de *priming* (concentração 150mg L<sup>-1</sup> AS). Dentre as plantas que não receberam regas salinas, as que foram submetidas ao *priming* composto por 150mg L<sup>-1</sup> AS, demonstram médias de 15,06% de teores de peroxidação lipídica. Neste sentido o *priming* da concentração supracitada demonstra promover proteção às plantas, como forma de evitar o dano oxidativo, mesmo havendo inexistência de fatores estressante (regas salinas), que geralmente desencadeiam tais respostas (SANI *et al.*, 2013).

O peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) apresentou maiores teores percentuais em 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de AS (*priming*), respectivamente 45,4% e 32,9% mais especificamente no tratamento com 50 mM de NaCl, demonstrando a presença de ROS. Segundo Melo (2016) o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pode agir como sensor de alterações em nível de membrana plasmática/parede celular. E a depender do acúmulo, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em concentrações particulares, pode ajudar na rustificação das plantas, compreendendo tolerância a estresses bióticos e abióticos (BOWLER & FLUHR, 2000).

## 6. CONCLUSÃO

A aplicação do NaCl na variedade RB92579 de cana-de-açúcar não promoveu estresse oxidativo nas plantas como consequência do estresse salino. Possivelmente esse comportamento pode estar associado à concentração baixa de NaCl aplicada para a variedade, impossibilitando verificar de forma efetiva a aplicação do ácido salicílico como *priming*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, S. *et al.* Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 49, n. 4, p. 541-550, 2005.

AFZAL, Irfan *et al.* Halopriming desencadeia maior potencial de germinação e crescimento inicial de plântulas de tomate. **Revista de Agricultura e Ciências Sociais (Paquistão)**, 2011.

ANAYA, Fatima *et al.* Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Tradução de H. R. Gheyi, J. F. Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARRETO, Artênio Cabral *et al.* Uso do Sensoriamento Remoto na avaliação da presença de vegetação em áreas salinizadas. 2016.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. **Recife: UFRPE**, 2011.

BIDABADI, Siamak Shirani *et al.* Influência do ácido salicílico nas respostas morfológicas e fisiológicas da bananeira ('Musa acuminata'cv.'Berangan', AAA) para o estresse hídrico *in vitro* induzido por polietilenoglicol. **Plant Omics** , v. 5, n. 1, p. 33, 2012.

BOWLER, Chris; FLUHR, Robert. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. **Trends in plant science**, v. 5, n. 6, p. 241-246, 2000.

BROSCHÉ, Mikael *et al.* Stress signaling III: reactive oxygen species (ROS). In: **Abiotic Stress Adaptation in Plants**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 91-102.

CARVALHO, Patricia Reiners; MACHADO-NETO, Nelson Barbosa; CUSTÓDIO, Ceci Castilho. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 114-124, 2007.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_12\\_19\\_09\\_10\\_11\\_cana\\_dezembro.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_12_19_09_10_11_cana_dezembro.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2018.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 06 Jun 2018.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em: 06 Jun 2018.

DALLALI, Hanen *et al.* Salicylic acid *priming* in '*hedysarum carnosum*' and '*hedysarum coronarium*' reinforces NaCl tolerance at germination and the seedling growth stage. **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, n. 3, p. 407, 2012.

DAKER, A. 1988. A água na agricultura: Irrigação e drenagem. 7 ed. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 543p.

DEWIR, Y. H. *et al.* Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of *Euphorbia millii* hyperhydric shoots. **Environmental and experimental botany**, v. 58, n. 1-3, p. 93-99, 2006.

DIAS, N. da S.; BLANCO, Flávio F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, A. J. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. PRINCÍPIOS E PERSPECTIVAS. Londrina: Editora Planta, 2006.

GILL, Sarvajeet Singh; TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

HARIR, Yael; MITTLER, Ron. The ROS signaling network of cells. In: **Reactive oxygen species in plant signaling**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 165-174.

HU, Zeng-Hui *et al.* Effects of feeding *Clostera anachoreta* on hydrogen peroxide accumulation and activities of peroxidase, catalase, and ascorbate peroxidase in *Populus simonii* P. *pyramidalis* 'Opera 8277' leaves. **Acta physiologiae plantarum**, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2009.

JANDA, T. *et al.* Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. **Planta**, v. 208, n. 2, p. 175-180, 1999.

KHAN, W.; PRITHVIRAJ, B.; SMITH, D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 160, n. 5, p. 485-492, 2003

KILIAN, Joachim *et al.* Prerequisites, performance and profits of transcriptional profiling the abiotic stress response. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms**, v. 1819, n. 2, p. 166-175, 2012.

LANDELL, M. G de A. *et al.* Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. **Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas**, 2012.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis LV. O biocombustível no Brasil. **Novos estudos-CEBRAP**, n. 78, p. 15-21, 2007.

LICHTENTHALER, Hartmut K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in enzymology**. Academic Press, 1987. p. 350-382.

LORETO, F., VELIKOVA, V., 2001. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiol.** 127, 1781-1787.

MENDES, Bruna Santana da Silva *et al.* Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MELO, Gemima M. *et al.* Pré-condicionamento *in vitro* de plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) para tolerância ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, 2014.

MELO, Gemima Manço de. **Adaptabilidade fisiológica ao estresse abiótico induzida pela aplicação de *Priming in vitro* em plantas de cana-de-açúcar.** 2016. Tese de Doutorado. UFRPE.

MITTLER, Ron. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in plant science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MITTLER, R. *et al.* F. Reactive oxygen gene network of Plants. **Plant Science**, v. 9, p. 490- 498, 2004.

MITTLER, Ron. ROS são bons. **Tendências em ciência de plantas**, v. 22, n. 1, p. 11 a 19 de 2017.

MUNIR, Neelma; AFTAB, Faheem. The role of polyethylene glycol (PEG) pretreatment in improving sugarcane's salt (NaCl) tolerance. **Turkish Journal of Botany**, v. 33, n. 6, p. 407-415, 2009.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008.

MURAD, Aline Melro *et al.* Physiological and proteomic analyses of *Saccharum* spp. grown under salt stress. **PLoS One**, v. 9, n. 6, p. e98463, 2014.

NEVES, Antonia L. R. *et al.* Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 873-881, 2009.

NOURI-GANBALANI, Alireza *et al.* Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 7, n. 3/4, p. 228-234, 2009.

OLIVEIRA, Paulo Alceu dos Santos *et al.* Aspectos de solos salinizados e remediação no Estado de Sergipe. 2015.

OLIVEIRA, Anderson Ramos de *et al.* ANÁLISE BIOMÉTRICA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS SOB ESTRESSE HÍDRICO NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, v. 31, n. 1, p. 48-58, 2016.

OLIVEIRA, André Moreira *et al.* Irrigação com água salina no crescimento inicial de três cultivares de algodão. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 467-475, 2018.

PATADE V. Y., KUMARI M., AHMED Z. (2011) Seed *priming* mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in *Capsicum*. **Research Journal of Seed Science**, 4(3), 125–136.

PATADE, Vikas Yadav; BHARGAVA, Sujata; SUPRASANNA, Penna. Salt and drought tolerance of sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth,

osmolytes accumulation, and antioxidant defense. **Journal of plant interactions**, v. 6, n. 4, p. 275-282, 2011.

PEDROTTI, Alceu *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

REHMAN, H. *et al.* Hormonal *priming* with salicylic acid improves the emergence and early seedling growth in cucumber. **J. Agri. Soc. Sci**, v. 7, p. 109-113, 2011.

RENGASAMY, P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils, **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 37, p. 613–620, 2010.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, AA de A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. **CURI, N.; MARQUES, JJ; GUILHERME, LRG; LIMA, JM**, p. 165-208, 2003.

SANI, Emanuela *et al.* Hyperosmotic priming of *Arabidopsis* seedlings establishes a long-term somatic memory accompanied by specific changes of the epigenome. **Genome biology**, v. 14, n. 6, p. R59, 2013.

SANTANA, Márcio José *et al.* Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SEDAGHAT, Mojde *et al.* Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 119, p. 59-69, 2017.

SHI, Hai-Tao *et al.* Increasing nitric oxide content in *Arabidopsis thaliana* by expressing rat neuronal nitric oxide synthase resulted in enhanced stress tolerance. ***Plant and Cell Physiology***, v. 53, n. 2, p. 344-357, 2011.

SILVA, Alexandre Paiva da *et al.* Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. ***Irriga***, v. 6, n. 2, p. 48-53, 2018.

SILVA, E. N da *et al.* Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. ***Journal of Arid Environments***, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 2010.

SILVA, Marcelo de Almeida *et al.* PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND SPAD INDEX AS DESCRIPTORS OF WATER DEFICIT STRESS INTENSITY IN SUGAR CANE. ***BIOSCIENCE JOURNAL***, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SILVA, Marcelo de Almeida *et al.* Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. ***Bragantia***, v. 66, n. 4, 2007.

SILVEIRA, MARIA ANGÉLICA M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Germinação e vigor de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com ácido salicílico. ***Revista Brasileira de Sementes***, v. 22, n. 2, p. 145-152, 2000.

SIMÕES, Welson Lima *et al.* Growth of sugar cane varieties under salinity. ***Revista Ceres***, v. 63, n. 2, p. 265-271, 2016.

SINGH, B.; USHA, K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 39, n. 2, p. 137-141, 2003.

SOARES, Alexandra Martins dos Santos; MACHADO, Olga Lima Tavares. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica–Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 10, 2007.

SOUSA, Robson Alexsandro *et al.* CRESCIMENTO DO SORGO EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALOBRA E APLICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2315, 2018.

STREIT, Nivia Maria *et al.* The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

SZALAI, Gabriella *et al.* O tratamento com ácido salicílico de sementes de ervilha induz sua síntese de novo. **Jornal de fisiologia vegetal** , v. 168, n. 3, p. 213-219, 2011.

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. 2017.

TREVISAN, Fernando; MADRUGA LIMA, Cláudia Simone; ZANELLA PINTO, Vânia. Ácido Salicílico no desenvolvimento de plantas e nas características físico-químicas de frutas de morango “Milsei-Tudla”. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 106-114, 2017.

TROMBETA, Natália de Campos; CAIXETA FILHO, José Vicente. Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 3, p. 479-496, 2017.

WANDERLEY, Ricardo Andrade *et al.* Salinização de solos sob aplicação de rejeito de dessalinizadores com e sem adição de fertilizantes. 2009.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha Rangel. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

WILLADINO, Lilia *et al.* Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 417-422, 2011.