



**Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
PPEAMB/UFRPE**

**MERCIA FONSECA CARVALHO**

**TOLERÂNCIA DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) AO ESTRESSE SALINO**

**RECIFE – PE  
2015**

**MERCIA FONSECA CARVALHO**

**TOLERÂNCIA DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) AO ESTRESSE SALINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador  
Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa

Coorientador  
Dr. Welson Lima Simões

RECIFE – PE  
2015

Ficha catalográfica

C331t Carvalho, Mercia Fonseca  
Tolerância de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ao estresse salino / Mercia Fonseca Carvalho. – Recife, 2015.  
54 f. : il.

Orientador: Marcus Metri Corrêa.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2015.  
Referências.

1. Salinidade 2. Enzimas antioxidantes 3. Crescimento  
I. Corrêa, Marcus Metri, orientador II. Título

CDD 631

Tolerância de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ao estresse salino

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 27 de fevereiro de 2015

---

Dsc. Dr. Marcus Metri Corrêa  
ORIENTADOR

---

Dsc. Dr. Fernando Cartaxo Rolim Neto  
Examinador interno

---

Dsc. Dr. José Benjamin Machado Coelho  
Examinador externo

RECIFE-PE  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao trino Deus, pois sem ele eu nada seria.

Ao meu companheiro Gian Carlo, pelo enorme apoio, incentivo, dedicação e principalmente AMOR!.

À minha família, em especial ao meu Pai Rosalvo que mesmo distante e na situação em que se encontra nunca deixou de ser minha inspiração de vida, sei que ele sempre torce por mim.

Ao meu orientador professor Marcus Metri, pelas orientações, incentivo e dedicação. Muito Obrigada!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental por me oferecer a oportunidade de realização do curso.

À FACEPE pelo incentivo financeiro para realização deste trabalho.

À Professora Lilia Willadino por disponibilizar o laboratório, e ao pesquisador Wellington pela grande ajuda nas análises.

À Géssica e Sunamita que me ajudaram ao longo de todo o experimento, sem a ajuda de vocês seria muito difícil. Muito obrigada!

Aos professores Egídio Bezerra e Brivaldo Gomes por disponibilizarem os Laboratórios e matérias necessários para realização do experimento.

Ao pesquisador José Benjamin pelo apoio nas análises realizadas no laboratório de química.

Aos meus colegas Joycyely, Miguel e Francisco pela disponibilidade de ajuda e principalmente amizade.

À todos que contribuíram, de forma direta ou indireta para realização deste trabalho, e que porventura não foram citados.

*“O pessimista queixa-se do vento, o otimista espera que ele mude e o realista ajusta as velas.”*

(William George Ward)

## RESUMO

A cana-de-açúcar se tornou uma das culturas primordiais da economia brasileira. Atualmente observa-se o crescimento dessa cultura para a região semiárida brasileira, a qual apresenta solos propensos à salinização, sendo importante neste ambiente o estudo de variedades resistentes ao estresse salino. O objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância de três variedades de cana-de-açúcar ao estresse causado pela salinidade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de junho a agosto de 2014. Foi feito um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5 com quatro repetições, e três variedades de cana-de-açúcar (RB92579, RB962962 e RB867515) e cinco níveis de NaCl (0; 50; 100; 150; 200 mM de NaCl). Na ocasião foram avaliados parâmetros morfológicos (altura e diâmetro do colmo; área foliar, massa fresca, seca e teor de água da planta e da raiz), e coletadas amostras do limbo foliar para determinação da atividade enzimática das enzimas catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e proteínas solúveis (PS). De posse dos resultados observou-se que a salinidade afetou as características morfológicas da planta. No maior nível salino, 200mM, houve uma diminuição de todos os parâmetros avaliados. O teor de proteínas foi maior para a variedade RB962962 e menor para as variedades RB92579 e RB867515. Entretanto, na variedade RB867515, percebeu-se aumento da atividade da ascorbato peroxidase (APX) e da catalase (CAT), enquanto que nas variedades RB 92579 e RB962962 ocorreu uma redução da atividade dessas enzimas. Esses resultados indicam que a variedade RB867515 apresenta um mecanismo mais eficiente na proteção da planta contra a ação de espécies reativas de oxigênio.

**Palavras-chave:** Salinidade, enzimas antioxidantes, crescimento.

## ABSTRACT

### **Tolerance of sugarcane varieties (*Saccharum officinarum* L.) to salt stress**

**Abstract:** The sugar cane became one of the primary cultures of the Brazilian economy. Currently we observe the growth of this culture to the Brazilian semiarid region, which has soils prone to salinization, being important in this environment the study of varieties resistant to salt stress. The objective of this study was to evaluate the tolerance of three varieties of sugar cane to the stress caused by salinity. The experiment was conducted in a greenhouse at the Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), from June to August 2014. It was made a completely randomized design in a factorial 3 x 5 with four repetitions, and three varieties of sugar cane (RB92579, RB962962 and RB867515) and five levels of NaCl (0, 50, 100; 150; 200 mM NaCl). At the time were evaluated morphological parameters (height and diameter of the stem; leaf area, fresh weight, dry and water content of the plant and the root), and collected samples of the leaf blade to determine the enzymatic activity of catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and soluble protein (PS). Based on the results it was observed that salinity affected the morphological characteristics of the plant. At higher salt level, 200 mM, there was a decrease in all parameters. The protein content was higher for RB962962 and lower for RB92579 and RB867515 varieties. However, in RB867515 variety, it was noticed an increase in the peroxidase ascorbate (APX) and catalase (CAT), activities while in the varieties RB 92579 and RB962962 there was a reduction of the activity of these enzymes. These results indicate that the variety RB867515 presents a mechanism more efficient in plant protection against the action of reactive oxygen species.

**Keywords:** Salinity, antioxidant enzymes, growth.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Planta da cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> L.)-----	17
<b>Figura 2.</b>	Extrusão de sais de glândulas de sal, no caule de <i>Distichlis Palmieri</i> -----	19
<b>Figura 3.</b>	(A) Preparação do solo (vasos cobertos com saco para evitar a evapotranspiração), (B) Plantio dos rebolos, (C) Período de aclimação das plantas) e (D) Início da aplicação dos tratamentos-----	27
<b>Figura 4.</b>	Fluxograma da preparação do extrato da planta-----	29
<b>Figura 5.</b>	Avaliação do parâmetro Altura (cm). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	31
<b>Figura 6.</b>	Avaliação do parâmetro Diâmetro (mm). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	33
<b>Figura 7.</b>	Avaliação do parâmetro Área Foliar (cm <sup>3</sup> ). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	33
<b>Figura 8.</b>	Avaliação dos parâmetros Massa Fresca e Seca da Parte Aérea (g) e Teor de Água na Planta (%). (A) (C) (E) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) (D) (F) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	35
<b>Figura 9.</b>	Avaliação dos parâmetros Massa Fresca e Seca da Raíz (g) e Teor de Água na Raíz (%). (A) (C) (E) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) (D) (F) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	36
<b>Figura 10.</b>	Avaliação das Proteínas Solúveis (mg/g <sup>-1</sup> de MF) das folhas de cana-de-açúcar. (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades em estudo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----	37
<b>Figura 11.</b>	Avaliação da atividade da enzima Catalase (µmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> mg <sup>-1</sup> de proteína min <sup>-1</sup> ) das folhas de cana-de-açúcar. (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino; (B) Médias dos tratamentos	

comparados com as variedades em estudo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.-----

38

**Figura 12.** Avaliação da atividade da enzima Ascorbato Peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1}$  de proteína  $\text{min}^{-1}$ ) das folhas de cana-de-açúcar (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades em estudo-----

39

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 01.</b>	Mecanismos de eliminação de espécies reativas de oxigênio, seus compartimentos celulares e respectivas espécies removidas-----	23
<b>Tabela 02.</b>	Valores médios obtidos para as avaliações morfológicas de Altura, Diâmetro e Área Foliar de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de estresse salino. -----	32
<b>Tabela 03.</b>	Avaliação dos parâmetros morfológicos Massa Fresca e Seca da Parte Aérea e Teor de Água da Planta de variedades de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade. -----	34
<b>Tabela 04.</b>	Avaliação dos parâmetros morfológicos Massa Fresca e Seca da Raiz e Teor de Água da Raiz de variedades de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade. -----	36
<b>Tabela 05.</b>	Avaliação das Proteínas Solúveis e Atividade enzimática da CAT e APX em variedades de cana-de-açúcar submetidos a diferentes níveis de salinidade-----	39

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ANA	Agência Nacional de águas
APX	Peroxidase do ascorbato
AsA	Ascorbato
ALT	Altura da Planta
BSA	Albumina de soro bovino
CAT	Catalase
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DHAR	Redutase do dehidroascorbato
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EECAC	Estação Experimental de cana-de-açúcar de Carpina
CE	Condutividade Elétrica
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GSH	Glutathiona
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
IPA	Instituto Agrônômico de Pernambuco
LVA	Latossolo Vermelho Amarelo
MDHAR	Redutase do monodehidroascorbato
MFP	Massa Fresca da Planta
MSP	Massa Seca da Planta
MFR	Massa Fresca da Raiz
MSR	Massa Seca da Raiz
NL <sub>2</sub>	Nitrogênio Líquido
Ø	Diâmetro
PS	Proteínas Solúveis
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SOD	Superóxido dismutase
TAP	Teor de Água na Planta
TAR	Teor de Água na Raiz
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
O <sub>2</sub> <sup>•-</sup>	Superóxido

$\text{OH}^\bullet$	Radical hidroxila
$^1\text{O}_2$	Oxigênio "singlet"
$\text{O}_2$	Oxigênio molecular

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> -----	i
<b>ABSTRACT</b> -----	ii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> -----	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b> -----	v
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</b> -----	vi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> -----	13
<b>2. OBJETIVOS</b> -----	15
2.1. OBJETIVO GERAL-----	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> -----	16
3.1. PROPRIEDADES DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR-----	16
3.2. CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS QUE CRESCEM EM SOLOS SALINOS-----	17
3.3. A IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR-----	19
3.4. DANOS CAUSADOS PELO ESTRESSE ABIÓTICO-----	21
3.5. O SISTEMA ANTIOXIDATIVO DAS PLANTAS E O ESTRESSE SALINO-----	22
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> -----	26
4.1. AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DA PLANTA-----	28
4.2. AVALIAÇÃO DA ALTURA DA PLANTA E DIÂMETRO DA FOLHA-----	28

-	
4.3. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA -----	28
4.3.1. Atividade da Catalase (CAT)-----	29
4.3.2. Determinação da Atividade do Ascorbato Peroxidase (APX)-----	30
4.3.3. Determinação da Proteína Solúvel (PS)-----	30
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS-----	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	31
6. CONCLUSÃO-----	42
REFERÊNCIAS-----	43

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de acordo com os dados da CONAB (2014) a produção, na safra 2013/2014, foi de aproximadamente 652 milhões toneladas, obtendo um acréscimo de 10,7% comparado a safra 2012/2013. Estima-se que a safra 2014/2015 tenha praticamente a mesma produção em relação à safra atual, ou seja, a estimativa é que a produção fique em torno de 659 milhões de toneladas. As principais regiões de cultivo no país são Sul, Sudeste, Centro-oeste e Nordeste. Na região Nordeste, a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas, sendo cultivada principalmente na região litorânea, mas com significativas áreas de exploração na região Semiárida. No semiárido, a cana-de-açúcar tem apresentado um desempenho de destaque em relação a outras áreas de cultivo no país, especialmente, pela utilização de irrigação no sistema de produção.

A técnica de irrigação é essencial no aumento da produtividade agrícola, possibilitando o desenvolvimento sócio-econômico em muitas regiões, principalmente no nordeste do Brasil. Contudo, a irrigação mal manejada, agregada ao regime irregular das chuvas e às elevadas taxas de evaporação nas regiões secas, têm causado um aumento dos teores de sais nos solos e nas águas (CRUZ et al., 2003).

Existem duas causas da salinidade sendo a primária ou natural, resultado de acúmulo de sais por longos períodos nos solos ou nas águas subterrâneas; e a secundária ou antrópica resultante das atividades humanas, causada pelo manejo inadequado do solo e da água (adubação, irrigação com água contendo sais) e o desmatamento (ATHAR; ASHRAF, 2009).

O efeito da salinidade sobre o solo caracteriza-se pela perda da fertilidade e aumento da susceptibilidade à erosão, além da contaminação das reservas hídricas subterrâneas. Nas plantas, o sal provoca as perdas de produtividade e de qualidade, ou perda total da produção (GHEYI et al., 2010). Sabe-se, no entanto, que a salinidade afeta o crescimento das plantas pelo estresse osmótico e pela toxicidade causada pelo acúmulo excessivo de sais nas folhas. (SIRIPORNADULSIL et al., 2012). Como resistência ao estresse sofrido, as plantas criam mecanismos de defesa antioxidante que agem na ativação de um complexo sistema enzimático e não enzimático, capazes de neutralizar a citotoxicidade das espécies reativas de



oxigênio (ROS) (AGARWAL e PANDEY, 2004). Este sistema é composto por um grande número de compostos bioquímicos que desempenham papel fundamental na regulação e homeostase do sistema. Dentre as diversas enzimas que atuam neste sistema destacam-se as catalases (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e dismutases de superóxido (SOD) (MILLER et al., 2010).

O cultivo sustentável da cultura da cana-de-açúcar em solos salinizados pode trazer alternativas econômicas para o semiárido nordestino, associado a identificação de variedades tolerantes, a proposição de manejo da irrigação adequado à condição de solos salinizados ou em processo de salinização, tem contribuído para a redução da contaminação ambiental (EMBRAPA, 2012).

Nesse contexto, se torna de significativa importância a identificação de variedades de cana-de-açúcar tolerantes ao estresse salino e adaptadas ao semiárido nordestino. Procura-se sugerir um protocolo experimental, baseado em aspectos fisiológicos e bioquímicos, avaliando-se as respostas do sistema enzimático antioxidativo das variedades de cana-de-açúcar, para o estudo de tolerância das mesmas à salinidade do solo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Selecionar variedade de cana-de-açúcar tolerante à salinidade, para possibilitar ações que promovam sustentabilidade econômica e recuperação ambiental de áreas salinizadas do semiárido nordestino.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Determinar o grau de tolerância de três variedades de cana-de-açúcar à salinidade;
- ▶ Identificar as principais alterações fenotípicas nas plantas em função das doses de sais aplicadas;
- ▶ Identificar a dose crítica de sal ao desenvolvimento das variedades de cana-de-açúcar estudadas;
- ▶ Avaliar o papel das enzimas catalase, ascorbato peroxidase e proteínas solúveis como proteção antioxidativa ao estresse salino.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. PROPRIEDADES DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), representada na Figura 1, conforme Doorembos e Kassan (1979) é uma cultura proveniente do sudeste asiático, conhecida aproximadamente a mais de três mil anos, pertencente ao gênero *Saccharum* e à família Poaceae. O crescimento do caule é em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta (SALLA, 2008). É uma gramínea tipicamente tropical que se adapta a clima quente e úmido, considerada uma planta de grande eficiência fotossintética.

A cana-de-açúcar é uma planta do tipo colmo cilíndrico, ereto, fibroso formado por nós e internódios; a planta adulta pode variar sua altura entre 1,0 a 5,0 m; e o diâmetro do caule pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm. Sua folha, depois de desenvolvida, consiste de uma lâmina e uma bainha envolvendo o colmo, distribuindo-se de forma alternada e oposta (BODDEY, 1993). A cana-de-açúcar possui um sistema radicular que pode atingir até 5 m de profundidade. Sampaio et al. (1987) verificaram que 75% das raízes encontravam-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e 55% delas estavam concentradas num raio de 30 cm da touceira.

A *Saccharum officinarum* L. é uma espécie de grande importância econômica para o Brasil. O termo *saccharum* significa açúcar, substância doce, com sabor de sacarina, e o termo *officinarum* expressa oficina, fábrica, laboratório (SILVA, et al., 2009). Santos et al. (2009) descreveram os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira que são: levedura, melão, bagaço ou bagacilho, a torta de filtro e a vinhaça. Segundo Marin e Nassif (2013), o Brasil desde o início da década passada, tem se destacado pela grande quantidade de usinas sucroalcooleiras, pois no ano de 2010 estavam operando 596 usinas.

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para fabricação de açúcar e álcool. Sua planta é composta de 65 a 75% de água, sendo seu principal componente a sacarose, que corresponde de 70 a 91% de substâncias sólidas solúveis (NOGUEIRA et al., 2009). O caldo conserva todos os nutrientes da cana-de-açúcar, entre eles, minerais (3 a 5%) como ferro, cálcio, potássio, sódio, fósforo,

magnésio e cloro, além de vitaminas do complexo B e C. A planta contém ainda glicose (2 a 4%), frutose (2 a 4%), proteínas (0,5 a 0,6%), amido (0,001 a 0,05%) ceras e graxos (0,05 a 0,015%) e corantes, entre 3 a 5% (FAVA, 2013).

De acordo com o aspecto ambiental, a cana-de-açúcar destaca-se por produzir etanol, derivado de fontes renováveis, que, em substituição aos combustíveis fósseis, contribui para diminuir os efeitos do aquecimento global (GALLARDO; BOND, 2010). Essa cultura também possui grande importância ambiental pela sua elevada taxa de fixação do CO<sub>2</sub> atmosférico, por um período prolongado de tempo, contribuindo de forma natural para a melhoria do meio ambiente, reduzindo o efeito estufa ocasionado pela queima dos combustíveis fósseis (SUNDFELD; MACHADO, 2011).



**Figura 1.** Planta da Cana-de-Açúcar (*Saccharum officinarum* L.)

**Fonte:** Embrapa Semiárido, (2009).

### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS QUE CRESCEM EM SOLOS SALINOS

A degradação ambiental do solo pela salinidade é um problema muito antigo e de extensão mundial, geralmente mais pronunciado nas regiões áridas e semiáridas. A salinidade dos solos é caracterizada por duas propriedades únicas: baixos potenciais osmóticos e elevadas concentrações de Na e outros íons específicos (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, etc.), que podem ser tóxicos às plantas (TOPPA; BRAMBILLA, 2011).

Algumas plantas conseguem se adaptar aos solos salinos; outras podem ser utilizadas na recuperação desses solos, retirando o sal dos mesmos. A salinização

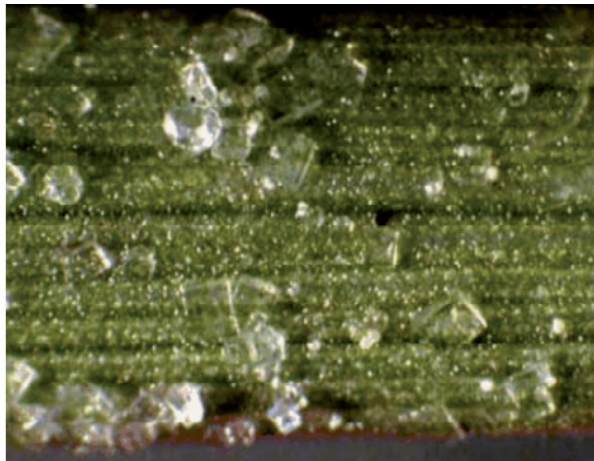
do solo influencia diretamente no metabolismo das plantas, impedindo a absorção de água e outros nutrientes, somado ao fato de que certos íons constituintes dos sais, quando adsorvidos em altas quantidades, provocam modificações no balanço nutricional capaz de resultar em clorose e necrose nas folhas, reduzindo a produção e, às vezes, morte da planta jovem (PRISCO; FILHO 2010).

Plantas são organismos sésseis, ou seja, não possuem capacidade de locomoção e, portanto, refletem as condições locais. Elas apresentam geralmente maiores níveis de plasticidade fenotípica comparados aos animais, o que significa que efeitos de diversos estressores podem ser mais aparentes e, potencialmente, mais fáceis de serem medidos e quantificados. Do ponto de vista fisiológico, o que leva as plantas a uma desestabilização das funções normais é o estresse, podendo ser caracterizado como um estado em que ocorrem demandas crescentes de energia pela planta. Como as plantas são suscetíveis a uma diversidade de estresses, elas tendem a reduzir suas chances de sobrevivência e desenvolvimento (FREIRE, et al., 2010). Dependendo do comportamento das plantas, ao serem submetidas a condições salinas, elas podem ser classificadas, em halófitas e glicófitas. As plantas que crescem em áreas com elevadas concentrações de sais são chamadas de halófitas, ao contrário, as glicófitas, representadas pela maioria das plantas de importância agrícola, quando submetidas à elevada concentração de sal, sofrem modificações em suas estruturas podendo chegar até a morte (MUNNS, 2002).

As halófitas possuem propriedades fisiológicas e anatômicas capazes de apresentar tolerância ao sal, devido à sua capacidade de compartimentalização dos íons no vacúolo da célula. A resistência dessas plantas à salinidade se deve à capacidade de evitar que elevadas concentrações de sais, resultantes do substrato, alcancem o protoplasma e, por meio de regulação salina, toleram os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na quantidade de sais (LARCHER, 2000). Pode-se citar como exemplo dessas plantas, a *Atriplex nummularia* L. conhecida por apresentar forte resistência a ambientes secos e salinizados, conhecida pela capacidade de acumular grandes quantidades de sais em seus tecidos (HERRERA et al., 2000). Em estudo realizado por Leal et al. (2008), a *Atriplex nummularia* comportou-se como planta hiperacumuladora de sódio, com potencial de uso na fitoextração deste elemento do solo. Na Figura 3 mostra a extrusão de sais de glândulas localizadas no caule da *Distichlis palmieri* uma espécie de planta que

produz um grão parecido com o trigo cultivadas no deserto do México. Por conta de este gênero tolerar tais habitats, essas plantas podem ser uma alternativa para recuperar ambientes degradados pela salinidade.

As glicófitas, por sua vez, quando submetidas a altas concentrações de sais indicam sinais de diminuição do crescimento, descoloração foliar e perda de peso seco, sendo sintoma mais característico, a inibição do crescimento (MUNNS, 2002). É o caso da maioria das plantas, inclusive de algumas variedades de algodão, sorgo, cana-de-açúcar, feijão, milho, entre outras, que têm despertado o interesse de pesquisadores para estudos de novos genótipos resistentes, que possam se adaptar a essas condições de estresse comum no semiárido do Nordeste brasileiro. No trabalho realizado por Targino et al. (2013) verificaram que a salinidade do solo influenciou de forma negativa o crescimento e desenvolvimento afetando a formação morfológicas das plantas de cana-de-açúcar avaliadas no estudo.



**Figura 2.** Extrusão de sais de glândulas de sal, no caule de *Distichlis palmieri*.

**Fonte:** MBARI (2005).

### 3.3. A IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇUCAR

A água tem um importante papel no desenvolvimento das culturas, contudo, somente 1 a 2% de toda água absorvida pela planta participa da dinâmica metabólica. O restante (98%) somente passa pela planta, sendo perdida para a atmosfera por transpiração (REICHARDT; TIMM, 2004). Para melhoria da produção e ter um desenvolvimento agrícola desejável é necessário o uso da irrigação. Nas

regiões áridas e semiáridas, a utilização eficaz da água tem se tornado componente chave para produção de alimentos e da alta qualidade dos produtos, devido à crescente falta de recursos hídricos disponíveis.

Estima-se que a área irrigada no mundo ocupe aproximadamente 17% de toda a terra agricultável e responda pela produção de cerca de 40% de todo o alimento consumido (PAULINO et al., 2011). No Brasil, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica (Agência Nacional de Águas - ANA, 2004). Como a água das chuvas, nem sempre atende a necessidade hídrica das plantas, surge então a importância da irrigação possibilitando o plantio em diversos períodos do ano.

No Nordeste do Brasil, a área de solos degradados por salinidade e sodicidade tem aumentado, devido à expansão das áreas irrigadas em terras marginais, ao manejo inadequado da água e do solo, à drenagem deficiente e ao uso de águas salinas na irrigação. Essas situações têm causado grandes prejuízos para a economia da região (RIBEIRO, 2010). A prática da irrigação é essencial nas regiões áridas e semiáridas em virtude da ocorrência de falta de água para culturas na época seca. Por conta disto, torna-se indispensável a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização gradativos, pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas (HOLANDA et al., 2010). De acordo com Silva (2011) o manejo inadequado e o uso de água de baixa qualidade são os principais fatores no processo de degradação dos solos.

A irrigação é uma importante prática para melhorar a produtividade da cana-de-açúcar. No nordeste brasileiro em 2012, a seca que atingiu a região castigou os canaviais, principalmente aqueles que foram colhidos no final da safra passada, por não ter umidade suficiente para o desenvolvimento da soqueira. O clima provocou nos canaviais uma redução na produtividade em relação à safra anterior (2011) de 14,2%, sendo que o estado de Pernambuco teve prejuízos de 19,6% (CONAB, 2013).

A produtividade da cana-de-açúcar tem sido potencializada com o uso da irrigação. A irrigação tem proporcionado acréscimos em termos de tonelagem de colmos e de açúcar (CONAB, 2014). Segundo Farias et al. (2008) para a obtenção de produtividade elevada, atingindo o potencial genético da cultura, o uso da tecnologia de irrigação é imprescindível. Gava et al., (2011) verificaram no manejo irrigado por gotejamento trabalhando com as variedades RB867515; RB855536 e

SP80-3280 uma elevação de 24% na produtividade de colmos e de 23% na produtividade de açúcar, em relação ao manejo de sequeiro, sendo a média de produtividade de colmos de  $132,2 \text{ t ha}^{-1}$  para o manejo irrigado por gotejamento e de  $106,5 \text{ t ha}^{-1}$  para o manejo de sequeiro.

### 3.4. DANOS CAUSADOS PELO ESTRESSE ABIÓTICO

Os efeitos do estresse abiótico nas plantas têm sido estudados ao longo dos anos e, atualmente nesta área, foram obtidos avanços consideráveis. Nas condições ambientais naturais geralmente as plantas são submetidas a diversos estresses, tais como: estresses hídrico e salino, deficiência de nutrientes, toxicidade e calor (MILLER et al., 2010). Estes estresses limitam a produtividade das culturas em todo o mundo. Entretanto, esta situação torna-se mais problemática nos países em desenvolvimento, onde causa insegurança alimentar em grandes populações e pobreza, principalmente em áreas rurais (ATHAR; ASHRAF, 2009). Desta forma é correto afirmar que os estresses abióticos são os principais fatores de pobreza para milhões de pessoas.

Na opinião de diferentes projeções, espera-se que a população humana aumente mais de 8 bilhões até o ano de 2020 o que vai piorar o cenário atual de insegurança alimentar. Por outro, lado de acordo com a FAO (2013), a melhor produtividade das culturas ao longo dos últimos 50 anos, resultou em aumento da oferta mundial de alimentos até 20% por pessoa e reduziu a proporção de pessoas com insegurança alimentar, que vivem em países em desenvolvimento, de 57% para 27% da população total.

Diversos autores acreditam que os estresses abióticos são considerados as principais fontes de redução da produção (REHMAN et al., 2005; MUNNS; TESTER 2008; REYNOLDS; TUBEROSA 2008). As perdas potenciais de rendimento estimados são de 17% devido à seca, de 20% devido à salinidade, de 40% devido à alta temperatura, de 15% devido à baixa temperatura e 8% em outros fatores (REHMAN et al., 2005; ASHRAF et al., 2008). Além disso, devido aos efeitos das recentes mudanças climáticas globais, estes problemas podem ser potencialmente agravados, sendo suas mitigações um desafio para a comunidade científica.

Os estresses hídrico e salino são dois grandes estresses abióticos que afetam vários aspectos da vida de um terço da população mundial, incluindo a saúde



humana e produtividade agrícola. De acordo com uma estimativa das Nações Unidas, um terço da população do mundo vive em áreas onde a água é escassa (FAO, 2013). Esse fato tem motivado pesquisas relacionadas com o estudo de mecanismos de defesa/tolerância a estresses em plantas e a criação produtos e tecnologias que possam viabilizar a geração de plantas, mais resistentes/tolerantes a estresses, além de serem economicamente viáveis e sustentáveis.

### 3.5. O SISTEMA ANTIOXIDATIVO DAS PLANTAS E O ESTRESSE SALINO

Antioxidantes são compostos que criam uma proteção para o sistema biológico, combatendo os efeitos nocivos das reações que podem causar oxidação excessiva (KRINSKY, 1994). Sies (1993) e Maxwell (1995) relatam que os antioxidantes são substâncias que, mesmo presentes em baixas concentrações, são capazes de atrasar ou inibir as taxas de oxidação. De acordo com Halliwell (1996), os efeitos defensivos de antioxidantes naturais em frutas e vegetais, estão relacionados a três grandes grupos: carotenoides, como antioxidantes lipofílicos, e ácido ascórbico e os fenólicos como antioxidantes hidrofílicos. Os sistemas antioxidantes não enzimáticos exercem um papel protetor contra o estresse oxidativo evitando a formação de radicais livres. Já o sistema antioxidante enzimático é composto por enzimas capazes de sinalizar o estresse. Esses sistemas juntos atuam na eliminação das espécies reativas de oxigênio (ROS) e na redução do dano oxidativo (DINAKAR et al., 2012).

As espécies reativas de oxigênio (ROS) são moléculas quimicamente reativas, contendo oxigênio, e são formadas como subproduto natural do metabolismo do oxigênio. Têm papel importante na sinalização celular e homeostase, e participam de uma sofisticada rede de vias de sinalização em plantas, em resposta à situações de estresse (BARBOSA, et al., 2014). Por outro lado, durante períodos de estresse ambiental, os níveis de ROS podem acumular, e reagir com moléculas biológicas, podendo resultar em danos irreversíveis para as estruturas celulares, causando estresse oxidativo que pode levar à morte celular (PRISCO; FILHO, 2010). A fotossíntese é o processo metabólico que mais produz ROS nas células vegetais (MILLER et al., 2010). Segundo El-shabrawi et al., (2010), as ROS podem ser

produzidas em qualquer compartimento celular (Tabela 1), e são controladas por um complexo sistema antioxidante, que as plantas evoluíram para atuar de forma coordenada, a fim de conter os efeitos deletérios desta produção.

Nas plantas, o acúmulo de ROS provocado pelo estresse salino é responsável pelo estresse oxidativo. As reações produtoras de ROS ocorrem nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos, como mostra a Tabela 1, durante a fotossíntese, respiração e fotorrespiração, respectivamente (BHATTACHARJEE, 2010; KARUPPANAPANDIAN et al., 2011). Para se proteger dos efeitos nocivos das ROS, as plantas desenvolveram um complexo mecanismo de defesa antioxidativo composto por enzimas e metabólitos antioxidantes (DEWIR et al., 2005). Nos mecanismos enzimáticos destacam-se: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (NOCTOR; FOYER, 1998). Nos não enzimáticos, se destacam o ascorbato (AsA), a glutathiona (GSH), o  $\beta$ -caroteno e o  $\alpha$ -tocoferol. Estes antioxidantes são capazes de impedir a formação de radicais livres, sequestrá-los ou promover sua degradação, evitando a ocorrência de danos às células das plantas (SERKEDJIEVA, 2011).

As principais espécies produzidas incluem os radicais superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), radical hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ) e oxigênio singlete ( $^1O_2$ ). Esse estresse oxidativo se define como um desequilíbrio na relação entre compostos antioxidantes versus compostos pró-oxidantes, causando um aumento do nível de ROS (WILLADINO; CAMARA, 2010).

**Tabela 1.** Mecanismos de eliminação de espécies reativas de oxigênio, seus compartimentos celulares e respectivas espécies removidas.

Mecanismo	Remoção	Produto	Localização celular
Catalase (CAT)	$H_2O_2$	$H_2O$	Mitocôndria, Peroxissomos, citosol, mitocôndria, peroxissomos, membrana plasmática,
Ascorbato Peroxidase (APX)	$H_2O_2$	$H_2O$	microcorpos, glioxissomos Citosol, mitocôndria,
Superoxido dismutase (SOD)	$O_2$	$(H_2O_2)$	peroxissomos, microsomos, glioxissomos.

**Fonte:** PRISCO; FILHO (2010)

Para as plantas sobreviverem ao estresse, depende de vários fatores, como a intensidade e o tempo de exposição a esse estresse e a origem do material

genético. Existem dois componentes do estresse salino nas plantas: osmótico e o iônico. O osmótico, resultado da elevada concentração de solutos no solo, o que provoca déficit hídrico pela redução do potencial osmótico. Em resposta a este componente, há o aumento da concentração de osmólitos no citosol, seja pela absorção de solutos seja pela síntese de compostos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular. No iônico, provocado pelo efeito tóxico dos íons, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , gera desequilíbrio nutricional, destacando-se a redução da concentração de  $\text{K}^+$  em função do incremento da salinidade. Sequestro desse sal para o vacúolo (SILVEIRA et al. 2010; WILLADINO; CAMARA, 2010).

De acordo com Willadino e Camara (2010), a planta possui vários mecanismos de tolerância, ou uma combinação de ambas para sobreviver ao estresse salino. Cada mecanismo irá entrar em ação como resposta às diversas variações ambientais, provocadas pelos sais presentes na rizosfera. Um dos mecanismos de tolerância à salinidade, é a excreção ou extrusão de sais através de glândulas ou pêlos vesiculares; outra forma é o acúmulo de sais no vacúolo, pois a planta tem a capacidade de compartimentabilizar íons ( $\text{Na}^+$ ) no vacúolo da célula. As plantas também podem agir restringindo a entrada de  $\text{Na}^+$ , pela seletividade no processo de absorção pelas células das raízes, podendo produzir compostos osmorreguladores que regulam o potencial osmótico, mantendo o equilíbrio do movimento. A prolina, por exemplo, influencia positivamente na defesa da peroxidação lipídica das membranas celulares da planta, submetida a salinidade.

As enzimas são proteínas essenciais para a manutenção adequada de qualquer organismo, pois catalisam reações químicas e intervêm praticamente em todas as reações bioquímicas que constituem a vida (BARBOSA et al., 2014). Por meio da atividade de enzimas, as plantas protegem suas células dos efeitos tóxicos das ROS (FOYER; SHIGEOKA, 2011).

Ascorbato peroxidase e catalase são as duas enzimas mais importantes dentre os componentes de desintoxicação do  $\text{H}_2\text{O}_2$  (BHATT; TRIPATHI, 2011). De acordo com Sharma et al. (2012), a catalase fornece às plantas uma forma energeticamente eficiente para remoção do  $\text{H}_2\text{O}_2$ , sendo sua atividade efetiva, principalmente em concentrações relativamente altas de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Por isso são consideradas indispensáveis para a desintoxicação de ROS, especialmente em condições de estresse severo (DUBEY, 2011).

A enzima ascorbato peroxidase exige o ácido ascórbico como redutor. Essa enzima possui elevada afinidade com o  $H_2O_2$ , com uma constante de Michaelis-Menten (KM) na ordem de  $\mu M$ , permitindo a eliminação do  $H_2O_2$  mesmo em baixas concentrações (LOCATO et al., 2010; SHARMA et al., 2012). O  $H_2O_2$  é removido por peroxidases através de uma pequena molécula redutora, ou proteínas como o citocromo c ou tioredoxina, para agir como um co-fator de regeneração e não leva à evolução de  $O_2$ , porque a água é o produto da reação (MHAMDI et al., 2012).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife - PE. O clima da região é classificado como tropical, do tipo AMs' segundo a classificação climática de Köppen. Foram utilizadas rebolos de três variedades de cana-de-açúcar tolerantes à salinidade RB92579, RB962962 e RB867515, cedidas pela Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC). As três variedades foram plantadas em vasos de polietileno de 5,0 litros, contendo solo como substrato, e regadas diariamente com solução salina.

O solo usado foi coletado na Estação Experimental de Itapirema em Goiania – PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Após a coleta, o solo foi levado para um galpão e espalhado numa lona para secagem. Depois de seco foi peneirado, para posterior utilização.

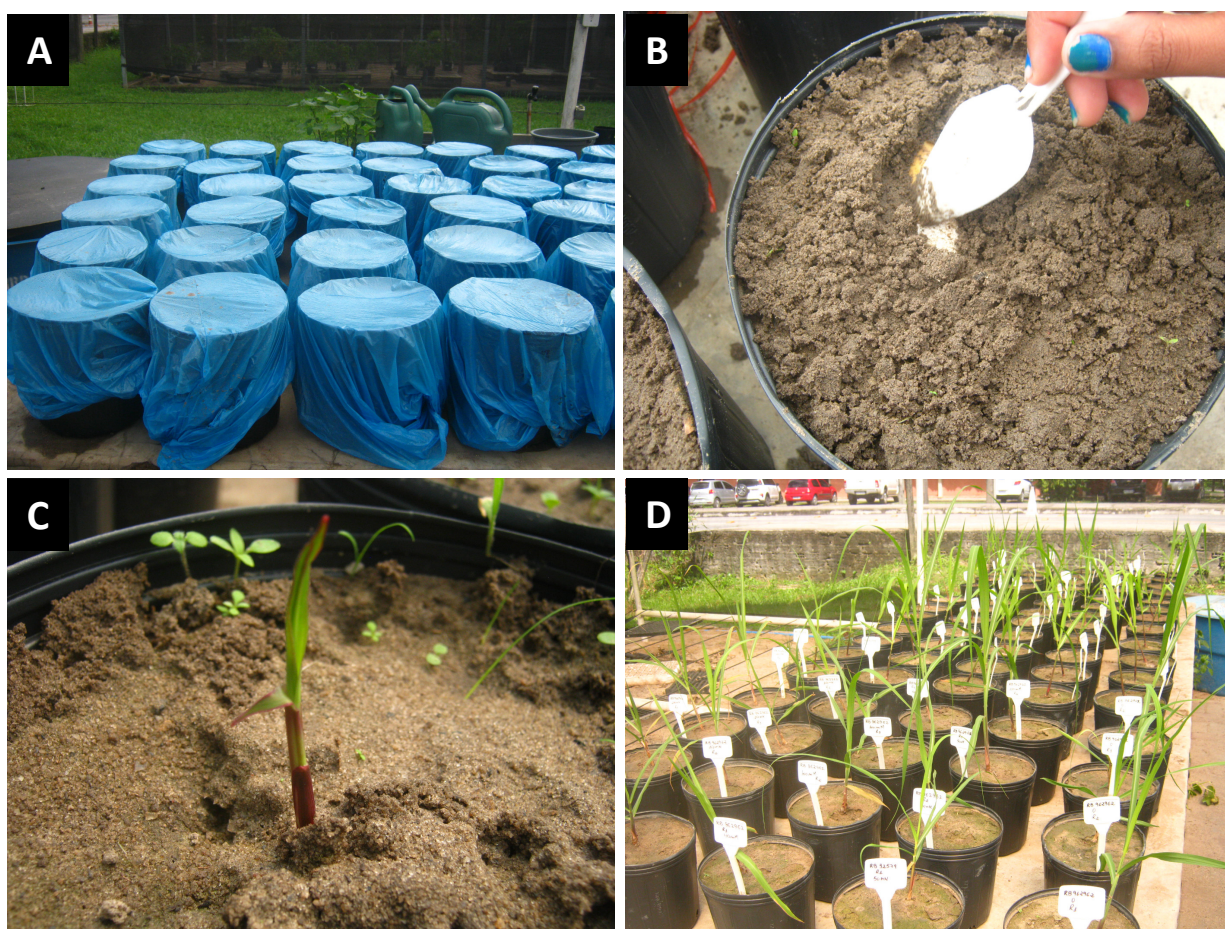
Para a capacidade de pote, os vasos foram pesados e em seguida colocou-se uma camada de brita de 0,5 cm para facilitar a drenagem. Os vasos foram preenchidos com camadas de solo, que eram levemente compactadas, até atingirem a mesma densidade. Posteriormente, os vasos foram umedecidos por ascensão capilar para garantir a homogeneidade na saturação do solo. Após 48 horas, observada que a superfície do solo estava úmida, suspendeu-se a alimentação de água, deixando o excesso drenar livremente. Para evitar perda por evaporação, durante o processo de drenagem a superfície do solo foi coberta com saco plástico, até a obtenção do peso final como demonstrado na Figura 3A.

As plantas foram cultivadas nos vasos contendo o solo previamente tratado (Figura 3B), e após a aclimatação que durou cerca de vinte dias (Figura 3C), foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em um arranjo fatorial (3x5), sendo três variedades, que incluiu irrigação das mudas com cinco níveis de salinidade 0, 50, 100, 150, 200 mM de NaCl. Os tratamentos foram obtidos através de concentrações salinas semelhantes às encontradas em trabalhos que representaram o solo salino do semiárido do nordeste. Foi feita, conforme necessidades da cultura adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, baseada no Manual de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008). Os tratamentos

tiveram duração de 30 dias. Cada tratamento foi composto por quatro repetições (Figura 3D).

O experimento foi conduzido no período de junho a agosto de 2014. O controle dos tratamentos foi realizado, através da irrigação das concentrações salinas a cada quatro dias. Para as análises enzimáticas as folhas foram coletadas após trinta dias. Na ocasião foram coletadas amostras do limbo foliar da terceira folha completamente expandida, a contar do ápice para o colo da planta, imediatamente armazenadas em envelopes de papel alumínio e imersas em nitrogênio líquido (NL<sub>2</sub>) para congelamento rápido do material. Posteriormente todo material foi armazenado em freezer a -20°C até o momento das análises.

No final do experimento, as massas secas da parte aérea e da raiz das plantas foram determinadas após secagem em estufa a 70° C com circulação de ar por 72h, até atingir massa constante. Determinou-se a massa seca das plantas utilizando-se todas as plantas de cada tratamento.



**Figura 3.** (A) Preparação do solo (vasos cobertos com saco para evitar a evaporação), (B) Plantio dos rebolos, (C) Período de aclimação das plantas e (D) Início da aplicação dos tratamentos.

#### 4.1. AVALIAÇÃO DE ALTURA DA PLANTA E DIÂMETRO DA FOLHA

As medidas foram feitas com uma trena para altura e um paquímetro para o diâmetro. A altura foi medida desde o nível do solo até a folha +3 (primeira folha totalmente expandida e com lígula aparente). O diâmetro foi determinado pela média de duas medidas, em posições diferentes do colmo, a uma altura de 5 cm do nível do solo.

#### 4.2. AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DA PLANTA

A determinação da área foliar foi estimada de acordo com a equação 1 através das medidas de comprimento (C) e maior largura (L) da folha + 3. As folhas tiveram suas dimensões aplicadas na fórmula abaixo, proposta por Hermann e Câmara (1999), e o somatório compôs a área foliar total da planta.

$$AFC \text{ (cm}^2\text{)} = C \times L \times 0,75 \times (N+2), \quad (1)$$

Onde:

N= número de folhas verdes abertas

C= comprimento (cm)

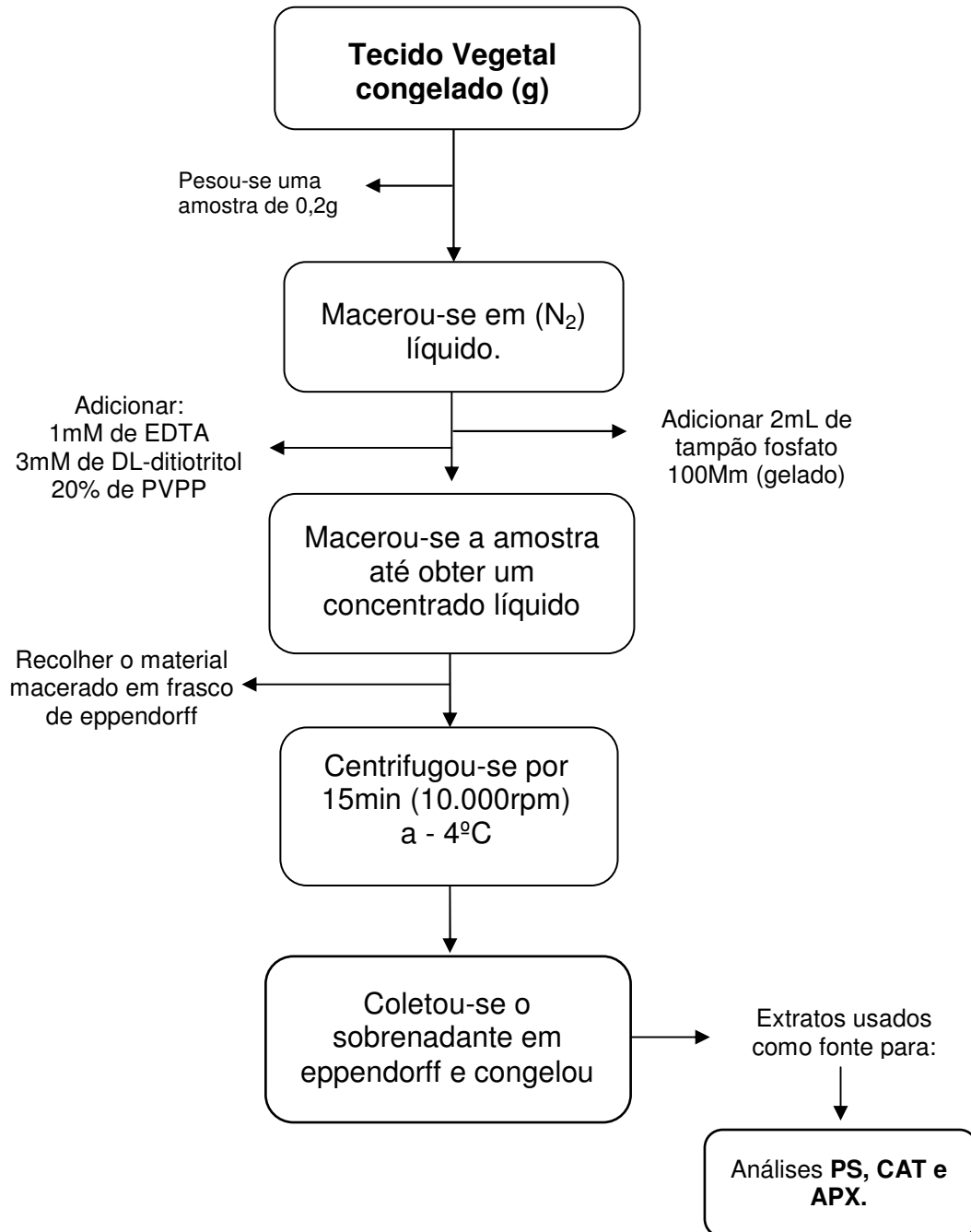
L= maior largura (cm)

#### 4.3. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

##### **Obtenção do extrato da folha**

Para avaliar a atividade enzimática, o trabalho foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LCTV) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foi feita uma extração de proteínas realizada a partir das amostras congeladas, maceradas e homogeneizadas com tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5), 1 mM de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), 3 mM de DL-ditiotreitol e 20% de PVPP sob temperatura de - 4 °C na relação de 0,2g/2 mL (w:v) (AZEVEDO et al., 1998). O homogeneizado foi centrifugado a 10.000rpm durante 15 min. A solução sobrenadante foi armazenada a -20°C e utilizada como fonte para

determinação das proteínas totais (PT) e da atividade das enzimas catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), processo apresentado abaixo no fluxograma da Figura 5.



**Figura 4.** Fluxograma da preparação do extrato da folha.

#### 4.3.1 Atividade da catalase (CAT)

A atividade da CAT foi determinada pelo método descrito por Havir e Mchale (1987) com modificações, conforme Azevedo et al. (1998). Em solução contendo 1



mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e 25 µL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 1 mM. A reação foi iniciada pela adição de 25 µL do extrato proteico e a atividade determinada seguindo-se a decomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 60 segundos, através das alterações a 240 nm, sob temperatura de 25 °C, em espectrofotômetro.

#### **4.3.2. Determinação da Atividade do Ascorbato Peroxidase (APX)**

A atividade da APX foi determinada conforme descrito por Nakano e Asada (1981). O meio de reação composto por 650 µL de tampão fosfato de potássio 80 mM, pH 7,5, 100 µL de ascorbato 5 mM, 100 µL de EDTA 1 M, 100 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1 mM e 50 µL do extrato proteico. A atividade da APX foi determinada pelo monitoramento da taxa de oxidação do ascorbato a 290 nm, a 30 °C, durante 60 segundos, em espectrofotômetro.

#### **4.3.3. Determinação da Proteína solúvel (PS)**

A concentração das proteínas solúveis foi determinada segundo o método de Bradford (1976), utilizando-se o BSA (Bovine Serum Albumin) como padrão. A reação foi realizada com adição de 20 µL de amostra (previamente diluída) a 1 mL do reagente de Bradford e incubado a temperatura ambiente por 5 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 595 nm.

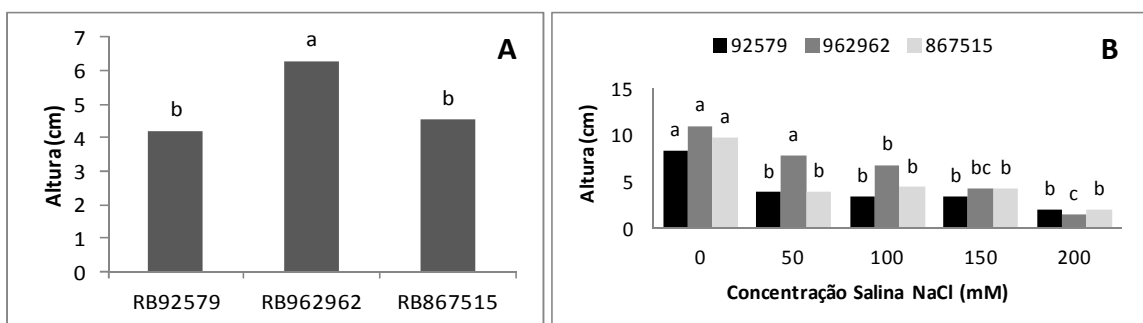
### **4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o uso do programa SISVAR<sup>®</sup>. Para todos os dados o fator quantitativo, relativo aos níveis de salinidade, foram analisados estatisticamente por meio de regressão, visando o ajuste de equações a fim de se correlacionarem os níveis de salinidade com as variáveis estudadas. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância das características morfológicas das três variedades de cana-de-açúcar estão representados por dados médios nas Tabelas 2, 3 e 4 e nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9. Nas Tabelas 2, 3 e 4 foram apresentados a comparação das diferentes concentrações salinas de NaCl e os parâmetros avaliados para as três variedades de cana-de-açúcar estudadas. As Figuras 5, 6 e 7 (A e B) mostra a avaliação dos parâmetros altura, diâmetro e área foliar respectivamente, comparados ao comportamento das três variedades nas diferentes doses de NaCl. A avaliação dos parâmetros massa fresca e seca da parte aérea e teor de água na planta estão representados na Figura 8 (A, B, C, D, E e F) e a análise dos parâmetros massa fresca e seca da raiz e teor de água na raiz estão expostos na Figura 9 (A, B, C, D, E e F). Observa-se que dentre as características avaliadas, houve diferença significativa apenas para a altura, área foliar e teor de água na raiz (Tabela 2 e 4; Figuras 5, 7 e 9), e nos tratamentos houve diferença significativa entre todos os parâmetros (Tabela 2, 3 e 4; Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).

Devido ao plantio de rebolos, as plantas tiveram portes diferentes de tamanho, por este motivo, foi utilizado incremento nos parâmetros altura, diâmetro e área foliar, desta forma os dados destes parâmetros foram apresentados a partir da diferença entre o valor inicial e o valor final, sendo o valor obtido o crescimento total das plantas ao longo do experimento. Marafon (2012) também descreve incrementos na avaliação de parâmetros.



**Figura 5.** Avaliação do parâmetro Altura (cm). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

**Tabela 2.** Valores médios obtidos para as avaliações morfológicas de Altura, Diâmetro e Área Foliar de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes concentrações de estresse salino.

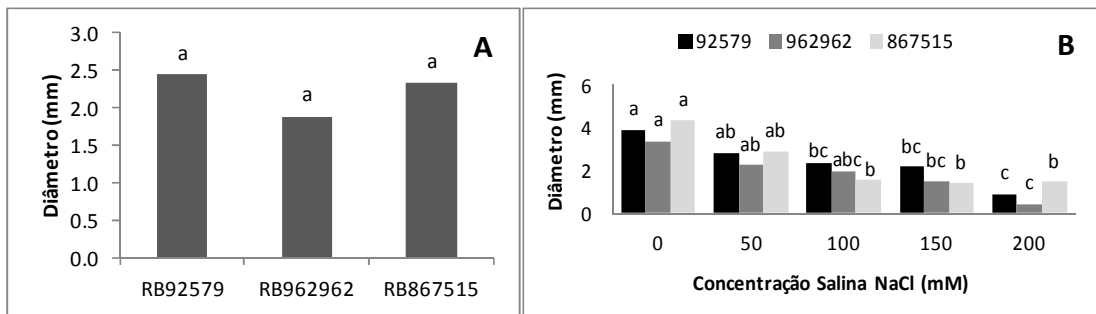
Variedade	Níveis de NaCl(Mm)					Equação de regressão	R <sup>2</sup>
	0	50	100	150	200		
----- Altura da planta(cm) -----							
RB92579	8.375a	3.862b	3.375b	3.350b	1.975b	$y = 0.0002x^2 - 0.0653x + 7.8146$	0.87
RB962962	10.975a	7.800ab	6.775b	4.300bc	1.500c	$y = -2E-05x^2 - 0.0409x + 10.664$	0.98
RB867515	9.725a	4.362b	4.200b	2.362b	2.050b	$y = 0.0002x^2 - 0.0684x + 8.8357$	0.78
----- Diâmetro do colmo (mm) -----							
RB92579	3.926a	2.845ab	2.371bc	2.156bc	0.907c	$y = -2E-06x^2 - 0.0131x + 3.78$	0.94
RB962962	3.385a	2.242ab	1.932abc	1.497bc	0.427c	$y = 1E-06x^2 - 0.0135x + 3.2357$	0.95
RB867515	4.338a	2.887ab	1.577b	1.405b	1.463b	$y = 0.0001x^2 - 0.0381x + 4.3754$	0.99
----- Área Foliar (cm <sup>2</sup> )-----							
RB92579	521.95a	270.47b	269.12b	232.00bc	73.08c	$y = 0.0043x^2 - 2.7258x + 481.9$	0.86
RB962962	404.66a	392.81a	247.45ab	112.38bc	46.55c	$y = -0.0028x^2 - 1.4352x + 426.16$	0.95
RB867515	461.64a	225.03b	200.28b	70.46b	59.86b	$y = 0.0099x^2 - 3.8987x + 444.64$	0.95

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Com relação ao parâmetro altura, observa-se que a variedade RB962962 obteve um crescimento médio de 6,27 cm se destacando das demais variedades (Tabela 2; Figura 5A). Este parâmetro é um indicativo de crescimento e desenvolvimento vegetativo. Em sorgo forrageiro a altura das plantas pode apresentar maior rendimento de massa verde (CUNHA; LIMA, 2010).

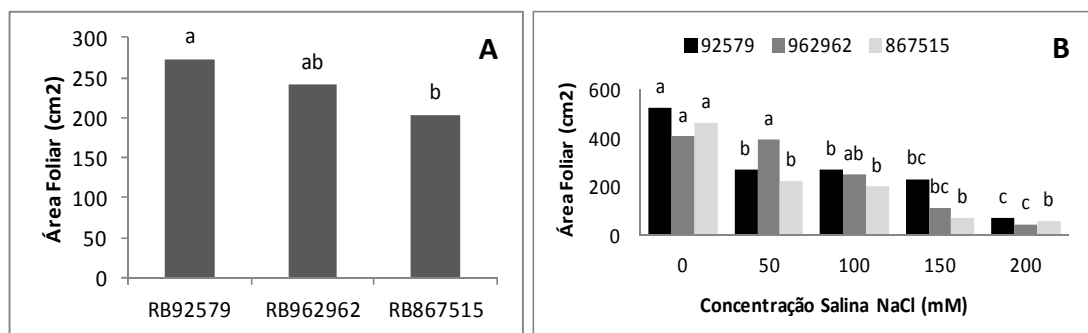
Na Tabela 2 e Figura 5B, pode-se observar que os níveis de salinidade influenciaram significativamente na altura das plantas. A diminuição do comprimento das plantas se deu pelo aumento da salinidade, tanto que, a testemunha obteve valor médio de 9,69 cm, enquanto que o tratamento com 200 mM teve quase que 80% de diminuição do comprimento da planta (média de 1,84 cm). De acordo com Silva et al. (2011) a redução da altura das plantas de cana-de-açúcar deve-se aos efeitos tóxicos dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> sobre o metabolismo celular. Já Taiz e Zeiger (2013) afirmam que o efeito da salinidade na diminuição do tamanho das plantas está relacionado à redução do potencial hídrico do solo, o qual limita a absorção de água pelas raízes, interferindo diretamente em processos de alongamento, divisão celular e conseqüentemente no crescimento das plantas. A redução da altura das plantas é registrada em diversos

trabalhos, como exemplo, Silva (2010) ao avaliar a altura de diferentes genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico verificou reduções médias de 27%.



**Figura 6.** Avaliação do parâmetro Diâmetro (mm). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os valores de diâmetro de colmo não proporcionaram diferenças estatísticas entre as variedades, já para os tratamentos (Tabela 2 e Figura 6B) observa-se que o controle proporcionou uma média de 3,88 mm, sendo que, os tratamentos de 50, 100, 150 e 200 (mM de NaCl) resultaram uma variação de valores médios entre 2,65 e 0,93 mm (Tabela 2; Figura 6B). Souza et al., (2014) trabalhando com desenvolvimento inicial de duas culturas de milho sob estresse salino, verificaram que uma das culturas apresentou uma redução do diâmetro do colmo de 15,7% quando irrigadas com água de maior salinidade.



**Figura 7.** Avaliação do parâmetro Área Foliar (cm<sup>2</sup>). (A) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

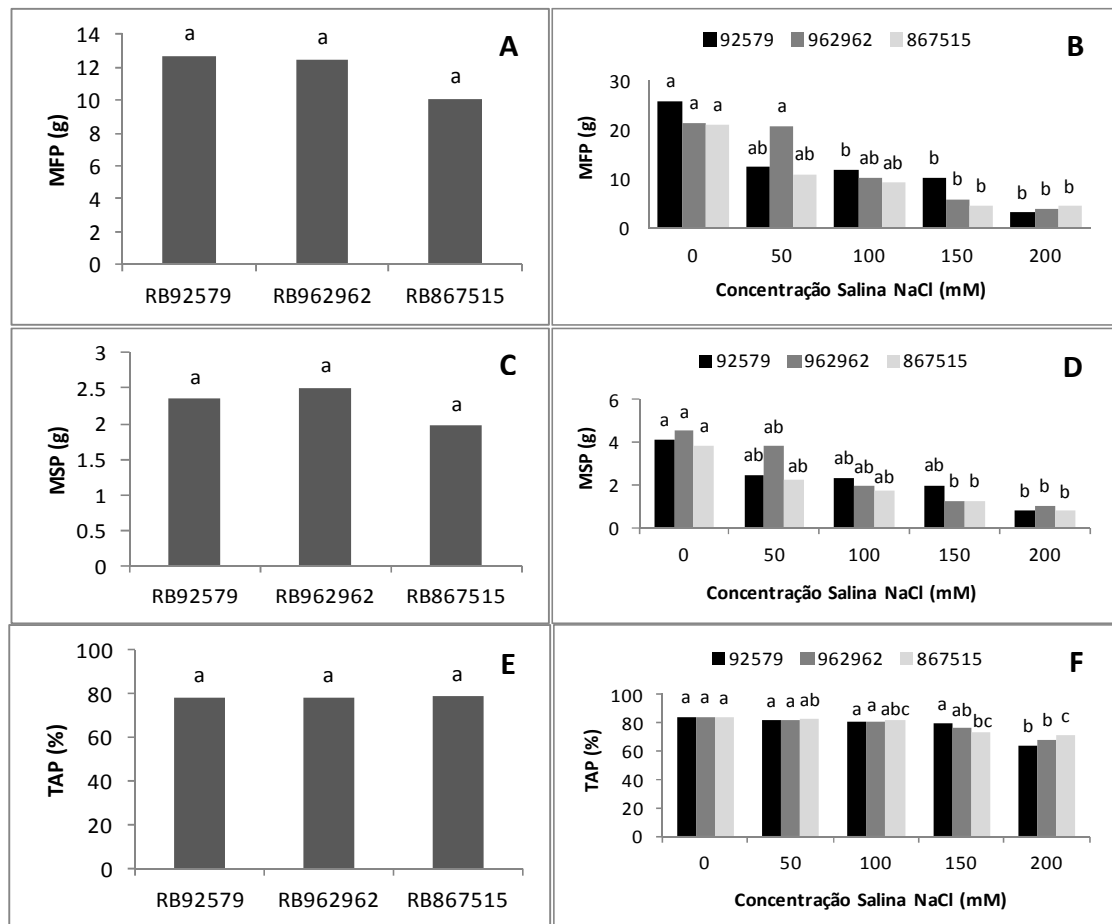
Verifica-se na Tabela 2 e na Figura 7A, que a variedade RB92579 teve a maior área foliar com média de 273,32 cm<sup>2</sup> seguida das variedades RB962962 e RB867515 com valores médios de 240,77 e 203,45 cm<sup>2</sup> respectivamente, esse crescimento pode esta relacionada ao maior crescimento radicular ao considerar uma maior área destinada à fotossíntese e, consequentemente, maior produção e translocação de

fotoassimilados para as raízes (COELHO, 2013). Em condições de estresse salino as plantas podem utilizar como mecanismo de defesa decréscimos na área foliar com o propósito de reduzir perdas de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nos tratamentos ocorreram reduções significativas da área foliar na medida em que houve aumento da concentração salina (Tabela 2; Figura 7B). Coelho (2013) estudando a influência da salinidade em genótipos de sorgo forrageiro observou reduções lineares na área foliar com o aumento da salinidade, sendo esta redução correspondente a 27% para a maior condutividade elétrica do estudo  $12,5 \text{ dS m}^{-1}$  que corresponde a aproximadamente  $125 \text{ mM}$  de NaCl. De acordo com Nobre et al. (2011) os resultados da área foliar de gramíneas variaram nos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, tendo o aumento da salinidade promovido resposta linear decrescente, ocorrendo decréscimo na ordem de 11,9% por aumento unitário na condutividade elétrica, ou seja, redução de 52,5% na área foliar das plantas em relação à testemunha.

**Tabela 3.** Avaliação dos parâmetros morfológicos Massa Fresca e Seca da Parte Aérea e Teor de Água da Planta de variedades de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade.

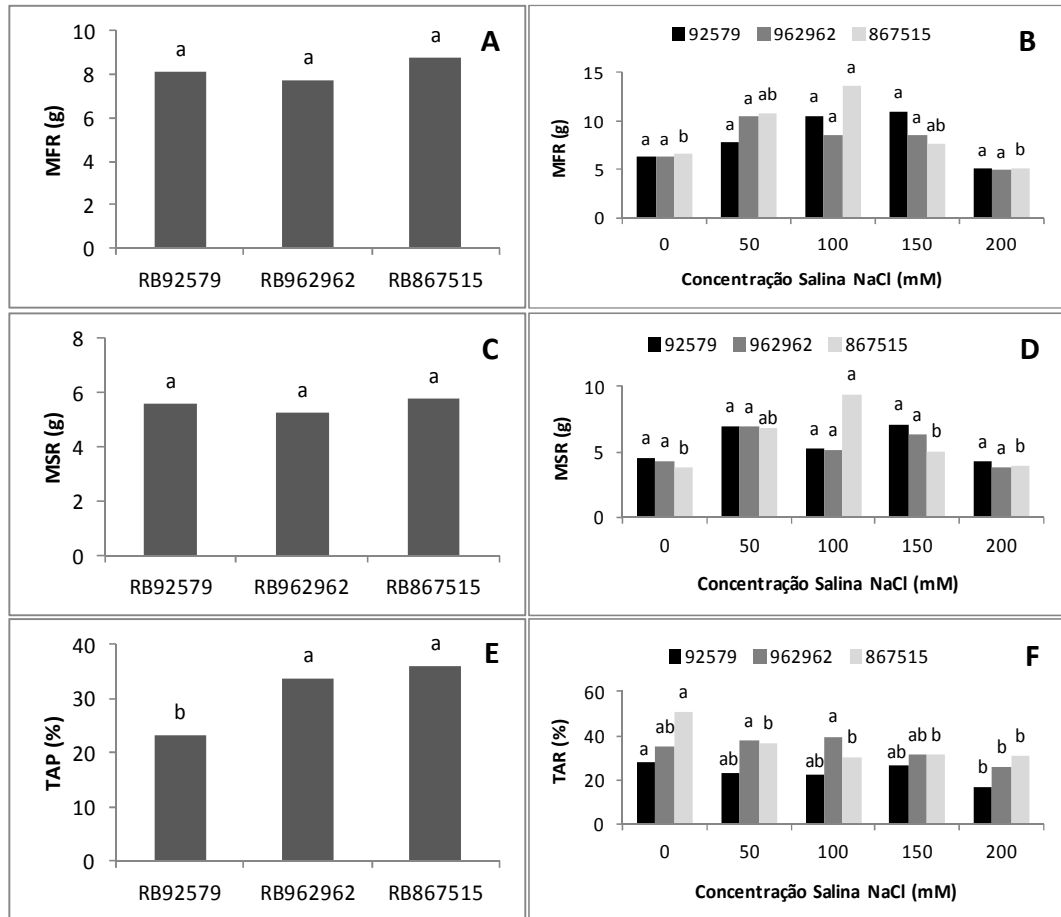
Variedade	Níveis de NaCl(Mm)					Equação de regressão	R <sup>2</sup>
	0	50	100	150	200		
----- Massa Fresca da Parte Aérea (g)-----							
RB92579	25.91a	12.42ab	11.86b	10.21b	3.19b	$y = 0.0003x^2 - 0.1632x + 23.95$	0.87
RB962962	21.39a	20.90a	10.13ab	5.91b	3.94b	$y = 0.0001x^2 - 0.1201x + 22.946$	0.91
RB867515	21.05a	11.02ab	9.32ab	4.50b	4.40b	$y = 0.0005x^2 - 0.1754x + 20.433$	0.96
----- Massa Seca da Parte Aérea (g)-----							
RB92579	4.13a	2.49ab	2.36ab	1.99ab	0.81b	$y = 2E-05x^2 - 0.0182x + 3.8806$	0.90
RB962962	4.52a	3.80ab	1.93ab	1.25b	1.05b	$y = 6E-05x^2 - 0.0317x + 4.7286$	0.95
RB867515	3.86a	2.25ab	1.72ab	1.24b	0.782b	$y = 7E-05x^2 - 0.0277x + 3.7463$	0.97
----- Teor de água da Planta (%)-----							
RB92579	84.23a	81.88a	80.37a	80.11a	63.98b	$y = -0.0008x^2 + 0.0658x + 82.819$	0.87
RB962962	84.36a	81.94a	80.46a	76.95ab	68.62b	$y = -0.0004x^2 + 0.0063x + 83.78$	0.97
RB867515	83.78a	82.75ab	81.64abc	73.40bc	71.59c	$y = -0.0002x^2 - 0.0178x + 84.147$	0.92

Mesma letra minúscula entre variedades não diferem entre si respectivamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 8.** Avaliação dos parâmetros Massa Fresca e Seca da Parte Aérea (g) e Teor de Água na Planta (%). (A) (C) (E) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) (D) (F) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Entre as variedades, os parâmetros de massa fresca e seca da parte aérea e da raiz (Tabela 3 e 4; Figuras 8 e 9 (A, B, C e D)), bem como os valores de teor de água da planta (Tabela 3; Figura 8 E e F), não tiveram diferenças estatísticas. Já o TAR foi maior para as variedades RB867515 e RB962962 com 36 e 34% respectivamente (Tabela 4 e Figura 9 E e F). Morales et al. (2001), afirmam que, nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos.



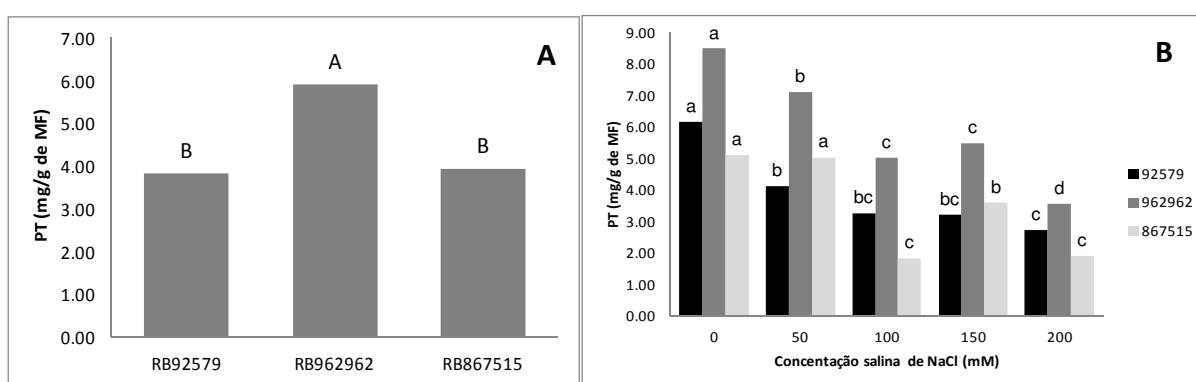
**Figura 9.** Avaliação dos parâmetros Massa Fresca e Seca da Raíz (g) e Teor de Água na Raíz (%). (A) (C) (E) Médias das variedades submetidas a diferentes níveis salinos; (B) (D) (F) Médias dos tratamentos comparados com as variedades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

**Tabela 4.** Avaliação dos parâmetros morfológicos Massa Fresca e Seca da Raiz e Teor de Água da Raiz de variedades de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade.

Variedade	Níveis de NaCl(Mm)					Equação de regressão	R <sup>2</sup>
	0	50	100	150	200		
----- Massa Fresca da Raiz (g) -----							
RB92579	6.24a	7.77a	10.57a	11.00a	5.12a	$y = -0.0005x^2 + 0.1002x + 5.4929$	0.78
RB962962	6.25a	10.46a	8.60a	8.52a	4.91a	$y = -0.0004x^2 + 0.0699x + 6.6954$	0.83
RB867515	6.56b	10.85ab	13.58a	7.66ab	5.19b	$y = -0.0006x^2 + 0.1149x + 6.7894$	0.83
----- Massa Seca da Raiz (g) -----							
RB92579	4.49a	6.98a	5.23a	7.11a	4.25a	$y = -0.0002x^2 + 0.0396x + 4.6834$	0.48
RB962962	4.28a	6.93a	5.14a	6.29a	3.76a	$y = -0.0002x^2 + 0.0391x + 4.556$	0.59
RB867515	3.77b	6.87ab	9.42a	5.07b	3.88b	$y = -0.0004x^2 + 0.0853x + 3.9146$	0.76
----- Teor de água da Raiz (%) -----							
RB92579	27.78a	23.03ab	22.28ab	26.49ab	16.60b	$y = -0.0002x^2 - 0.0072x + 26.256$	0.49
RB962962	34.71ab	37.57a	39.66a	31.18ab	25.89b	$y = -0.0008x^2 + 0.1054x + 34.781$	0.92
RB867515	50.84a	36.73b	30.19b	31.18b	30.90b	$y = 0.001x^2 - 0.2918x + 50.08$	0.97

Mesma letra minúscula entre variedades não diferem entre si respectivamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Pode-se observar, que na Tabela 3 e 4 e Figuras 8 e 9 A, B, C, D, E e F as massas fresca e seca da parte aérea, a massa seca da raiz e o teor de água da planta e da raiz, diferiram apenas entre o tratamento controle e o de maior concentração salina. Nota-se com esse resultado que a elevada concentração de sais no solo reduziu a disponibilidade de água para plantas e provavelmente seu potencial osmótico. Segundo Munns (2005), essas características podem estar concatenadas com o efeito da absorção e transporte de íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  para a parte aérea, associado à indução do fechamento parcial dos estômatos, os quais favorecem a manutenção do estado hídrico da planta.



**Figura 10.** Avaliação das Proteínas Solúveis ( $\text{mg/g}^{-1}$  de MF) das folhas de cana-de-açúcar. (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades em estudo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

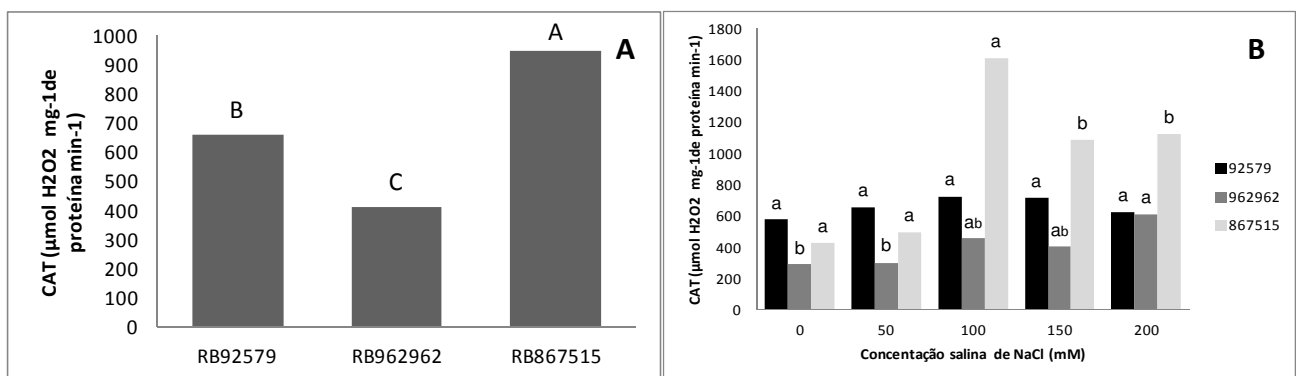
Os resultados das avaliações de proteínas solúveis (PS) e da atividade enzimática (Catalase, Ascorbato peroxidase) estão apresentados respectivamente nas Figuras 10, 11 e 12 e Tabela 5.

Considerando-se a avaliação das proteínas solúveis (PS), observa-se que a variedade RB962962 diferiu estatisticamente das variedades RB92579 e RB867515 (Tabela 5 e Figura 10A). O aumento da salinidade pode ocasionar respostas diferenciadas entre os teores de proteínas, essas diferenças podem estar relacionadas a características intrínsecas dos genótipos, como encontrado por Oliveira et al. (2006), trabalhando com dez genótipos de sorgo forrageiro. Na Figura 10B e Tabela 5, verifica-se uma redução média de 58% no teor de proteínas, para o tratamento de maior concentração salina (200Mm), quando comparado ao controle.

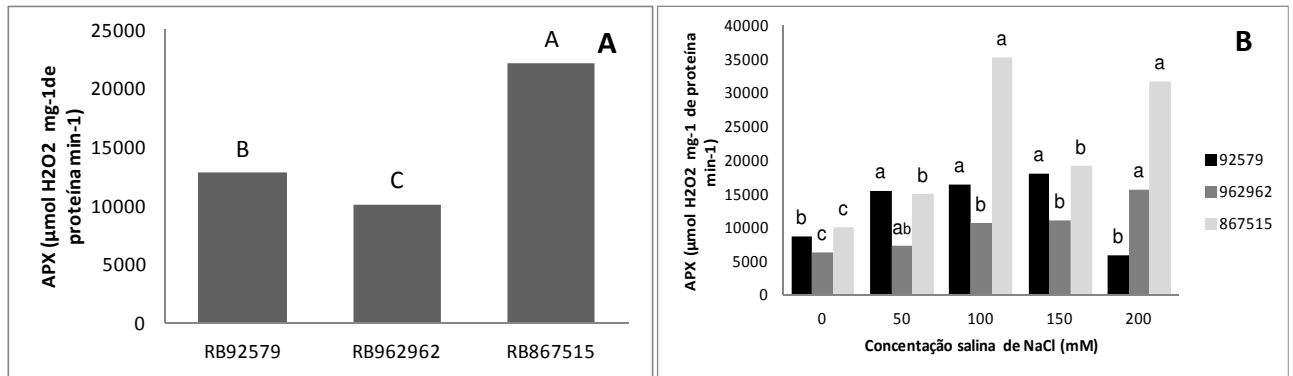


Arias et al. (1996), verificaram para cana-de-açúcar uma redução de 54,1% no acúmulo de proteínas solúveis para o maior nível de déficit hídrico. Silva (2010), em estudos com seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico, observou uma redução média de proteínas solúveis de 16% para o estresse severo em relação ao controle. Por outro lado, esses resultados diferem dos encontrados por Sadeghi e Shourijeh (2012), estudando sorgo forrageiro, pois observaram um acréscimo significativo nos teores de proteínas com o aumento da salinidade.

Parida e Das (2005) e Silveira et al. (2005) relataram que em condições de estresse, o teor de proteínas em plantas pode diminuir em virtude do aumento da proteólise. Além disso, segundo Parida et al. (2004), Ben-Amor et al. (2006) e Gill e Tuteja (2010), o acúmulo de ROS pode afetar severamente a funcionalidade e integridade celular, com alterações na homeostase redox, danos a macromoléculas, e desnaturação de proteínas. Castrillo et al. (2001), disseram que, a nível celular, as proteínas podem ser danificadas, por falta de hidratação, o que proporciona aumento das espécies reativas de oxigênio.



**Figura 11** Avaliação da atividade da enzima Catalase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1}$  de proteína  $\text{min}^{-1}$ ) das folhas de cana-de-açúcar. (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades em estudo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.



**Figura 12.** Avaliação da atividade da enzima Ascorbato Peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ de proteína min}^{-1}$ ) das folhas de cana-de-açúcar. (A) Médias das variedades submetidas a diferentes concentrações de estresse salino; (B) Médias dos tratamentos comparados com as variedades em estudo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

**Tabela 5.** Avaliação das Proteínas Solúveis e Atividade enzimática da CAT e APX em variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Variedade	Níveis de NaCl(Mm)					Equação de regressão	R <sup>2</sup>
	0	50	100	150	200		
----- Proteínas Solúveis (mg/g de MF) -----							
RB92579	6.153a	4.133b	3.026cb	3.207cb	2.715a	$y = 0.0001x^2 - 0.0404x + 6.0278$	0.95
RB962962	8.484a	7.096b	5.014c	5.474c	3.559a	$y = 4E-05x^2 - 0.0314x + 8.4324$	0.91
RB867515	5.117a	5.026a	4.141c	3.584b	1.897b	$y = -8E-05x^2 + 0.0006x + 5.1203$	0.98
----- Catalase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ de proteína min}^{-1}$ ) -----							
RB92579	581.9a	651.84a	725.56a	714.58a	624.12a	$y = -0.0116x^2 + 2.6115x + 572.24$	0.94
RB962962	292.89b	301.73b	454.72ab	402.63ab	610.23a	$y = 0.0055x^2 + 0.3715x + 292.82$	0.84
RB867515	429.68a	495.47a	1608.64a	1085.08b	1122.82b	$y = -0.0484x^2 + 13.625x + 311.33$	0.62
----- Ascorbato Peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ de proteína min}^{-1}$ ) -----							
RB92579	8514.98b	15331.41a	16297.99a	17895.21a	5760.30b	$y = -1.0649x^2 + 207.09x + 8024.5$	0.88
RB962962	6222.07c	7252.12ab	10523.42b	11003.76b	15504.23a	$y = 0.1186x^2 + 20.918x + 6230.8$	0.95
RB867515	9930.84c	14867.51b	35121.53a	19029.42b	31582.21a	$y = -0.6033x^2 + 215.58x + 9597.1$	0.54

Mesma letra minúscula entre variedades não diferem entre si respectivamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na avaliação das atividades enzimáticas da catalase (CAT) e da ascorbato peroxidase (APX) (Tabela 5 e Figuras 11 e 12 A), a variedade RB867515 proporcionou valores mais elevados do que os encontrados para as variedades RB92579 e RB962962, mostrando com esse resultado maior capacidade de adaptação da variedade RB867515 ao estresse salino. A variedade RB962962 apresentou o menor valor, portanto, menor capacidade de adaptação ao estresse. Esses dados corroboram com os encontrados por Willadino et al. (2011) avaliando o

estresse salino na variedade RB861515, observaram um mecanismo mais eficiente na proteção da planta contra a ação de espécies reativas de oxigênio, em particular o  $H_2O_2$ , devido ao aumento da atividade dessas enzimas CAT e APX. O aumento da atividade das enzimas APX e da CAT indica a importância dessas enzimas na desintoxicação do  $H_2O_2$  e da proteção contra danos oxidativos (CIA et al. 2012). Morais (2013), estudando a ação combinada de fatores abióticos de estresse, relata que, o comportamento enzimático da variedade RB867515 foi eficiente na regulação e desintoxicação das ROS, produzidas na célula vegetal, indicando uma maior tolerância dessa variedade aos diferentes tipos de estresse. Outros autores destacaram a variedade RB867515, por apresentar maior tolerância ao estresse hídrico considerando outras variáveis (DELLABIGLIA et al. 2010, EMBRAPA 2011, PICOLI et al. 2012).

As Figuras 11 e 12 B e Tabela 5 apresentam os resultados das enzimas CAT e APX respectivamente, comparando as variedades e os níveis de salinidade aplicados. Observou-se, de uma maneira geral, o aumento da atividade da APX e da CAT em todas as variedades quando submetidas a 100 mM de NaCl. A variedade RB867515, demonstrou maior atuação dessas enzimas na reparação dos danos causados pela salinidade, devido ao incremento significativo na atividade da APX e CAT, comparado aos resultados observados para as variedades RB92579 e RB962962. Percebe-se com os resultados encontrados para o controle e para a concentração de 50mM de NaCl, que quanto menor é o estresse menor é a atividade dessas enzimas, como constatado por Tsimpho (2011), Azevedo (2013) e Gomes Junior (2014). As peroxidases podem responder à salinidade aumentando ou diminuindo sua atividade, dependendo da concentração salina (ZHANG; KIRKHAM, 1994). Diversos autores observaram que o incremento da salinidade provoca um aumento da atividade das enzimas CAT e APX, ocasionando diminuição dos efeitos deletérios do  $H_2O_2$  (KOCA et al., 2007; MAIA et al., 2010; ABOGADALLAH et al., 2010). De acordo com Azevedo et al. (2011), a capacidade de ativação do sistema antioxidante é um dos principais mecanismos que permitem à planta tolerar o estresse oxidativo. Silva (2010) analisando seis genótipos de cana-de-açúcar, submetidos a estresse hídrico observou com o estresse severo uma resposta de até 30,23% na atividade da APX. Em culturas de milho e soja as enzimas CAT e APX atuaram de forma semelhante em situações extremas, aumentando em decorrência da severidade do estresse aplicado (VASCONCELOS et al., 2009). Lee et al. (2001) verificaram em plantas de arroz

submetidas à salinidade, uma maior resistência ao estresse oxidativo em função do aumento da atividade dessas enzimas. Azevedo (2013) também pôde observar em cana-de-açúcar, aumento da atividade das enzimas CAT e APX para crescentes níveis de salinidade. Segundo Wang et al. (2009) a CAT teve grande importância na eliminação do  $H_2O_2$ , protegendo as plantas de alfafa do estresse oxidativo causado pela salinidade.

## 6. CONCLUSÕES

O desenvolvimento inicial das variedades de cana-de-açúcar foi similarmente afetado pelo aumento da salinidade.

As Variedades avaliadas obtiveram resultados satisfatórios para as variáveis de crescimento até a concentração de 100mM de NaCl, tendo seu crescimento vegetais comprometidos à medida que o nível salino foi aumentado.

As variáveis mais afetadas pelo estresse salino foram altura, diâmetros, área foliar e massa fresca e seca da parte aérea tendo redução de seus valores maior que 70% para o tratamento de maior concentração salina (200Mm de NaCl) quando comparado ao controle.

Por apresentar maior atividade das enzimas catalase e ascorbato peroxidase, a variedade de cana-de-açúcar RB867515 mostrou-se mais tolerante à salinidade quando comparada com as variedades RB962962 e RB92579.

Devido à tolerância à salinidade da variedade de cana-de-açúcar RB867515, pode-se recomendar o seu uso para ser cultivada em áreas que apresentam problemas de salinidade.

## REFERÊNCIAS

- ABOGADALLAH, G. M.; SERAG, M. M.; QUICK, P. W. Fine and coarse regulation of reactive oxygen species in the salt tolerant mutants of barnyard grass and their wild-type parents under salt stress. **Physiologia Plantarum**, v. 138, n.01, p. 60-73, 2010.
- AGARWAL, S.; PANDEY, V. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. **Biologia Plantarum**, v.48, p.555-560, 2004.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Agricultura irrigada**: estudo técnico preliminar. Brasília, DF, 107p. 2004.
- ARIAS, M. I. B.; DELGADO, E. O.; CARMENATE, R. V. **Cambios fisiológicos de la caña de azúcar ante el déficit hídrico**. 1. ed. México: Universidad Autónoma Chapingo. 135 p. 1996.
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T. R. **Some prospective strategies for improving crop salt tolerance**. Adv Agron 97: 45–110. 2008.
- ATHAR, H. R.; ASHRAF, M. Strategies for Crop Improvement Against Salinity and Drought Stress: An Overview in: Salinity and Water Stress Vol. 44, **Tasks for Vegetation Sciences**, pp 1-16 ISSN: 0167-9406. 2009.
- AZEVEDO, R. A.; CARVALHO, R. F.; CIA, M. C.; GRATÃO, P. L. Sugarcane Under Pressure: An Overview of Biochemical and Physiological Studies of Abiotic Stress. **Tropical Plant Biology**, v. 4, p. 42-51, 2011.
- AZEVEDO, R.A., ALAS, R.M., SMITH, R.J., LEA, P.J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild type and catalase-deficient mutant of barley. **Plant Physiology**. v. 104, p. 280-292, 1998.
- AZEVEDO, V. M.. Ação combinada de fatores abióticos de estresse em cana-de-açúcar: variáveis fisiológicas e bioquímicas. 2013. 57 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. de. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Rev. Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n.3 p. 453-460, mar, 2014.

BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. **Physiologia Plantarum**, v. 126, p. 446-457, 2006.

BHATT, I.; TRIPATHI, B.N. Plant peroxiredoxins: catalytic mechanisms, functional significance and future perspectives. **Biotechnology Advances**, v.29,p.850-859, 2011.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfi eld: Science Publishers, p.1-30. 2010.

BODDEY, R. M. "Green" energy from sugar cane. **Chemistry & Industry**, London, n. 10, p. 355-358, May, 1993.

BRADFORD M. M. A. rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein - dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1976.

CASTRILLO, M. et al. Responses of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase, protein content, and stomatal conductance to water deficit in maize, tomato, and bean. **Photosynthetica**, v.39, p.221-226, 2001.

CIA, M. C.; GUIMARÃES, A. C. R.; MEDICI, L. O.; CHABREGAS, S. M.; AZEVEDO, R. A. Antioxidant responses to water deficit by drought-tolerant and-sensitive sugarcane varieties. **Annals of Applied Biology**, v. 161, p. 313-324, 2012.

COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro. 2013. 85 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira Cana-de-açúcar, 2012/2013.** Levantamento Abril, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 08 de maio de 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira Cana-de-açúcar, 2014/2015.** Levantamento Agosto, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 16 de dezembro de 2014.

CRUZ, M. G. M.; ANDRADE, E. M.; NESS, R. L. L.; MEIRELES, A. C. M.. Caracterização das águas superficiais e subterrâneas do projeto Jaguaribe-Apodi. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.187-194, 2003.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p. 701-706, 2010.

DELLABIGLIA, W. J., SILVA, M. A., PINCELLI, R. P., RHEIN, A. F. L., ARANTES, M. T., SANTOS, C. M., SORRILLA, P. F., BASSETTO, S. C.: Avaliação de tolerância à seca em cultivares comerciais de cana-de-açúcar por meio de marcadores morfo-fisiológicos. ISBN: 978-85-7029-093-9. **Anais, 4º Congresso Internacional de Iniciação Científica – CIIC**, Instituto Agrônomo-IAC, Campinas/SP. 2010.

DEWIR, Y.H; CHAKRABARTY, D; ALI, M.B.; PAEK, K.Y. Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of *Euphorbia millii* hyperhydric shoots. **Environmental and Experimental Botany** v. 58, p. 93-99, 2005.

DINAKAR, C. et al. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, v.182, p.29-41, 2012.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO,. 212 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 33). 1979.

DUBEY, R.S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, Chap.9, p.178-203. 2011



EL-SHABRAWI, H.; KUMAR, B.; KAUL, T.; REDDY, M. K.; SILNGLA-PAREEK, S. L.; SOPORY, S. K. Redox homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification as markers for salt tolerance in Pokkali rice. **Protoplasma**, v. 245, p. 85-96, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Semiárido. **Relatório técnico e de atividades Embrapa Semiárido 2011**. Petrolina, PE. 69p. (Embrapa- Semiárido. Documentos, 250). ISSN 1517-5111, dezembro, 2012.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2011. Disponível em [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_42\\_1110200717570.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html). Acessado em: 28/01/2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/13989/monitoramentodaproducao-e-safra-no-complexo-agroindustrial-da-cana-de-acucar>. Acesso em 29/07/2009.

FAO (Food and Agriculture Organization, United Nations) (2003) **Unlocking the water potential of agriculture**. [www.fao.org](http://www.fao.org). Accessed 7 october 2013.

FARIAS, C. H. A. de; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M. de; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.356-362, 2008.

FAVA, A. R. Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**, edição 250, de 3 a 9 de Maio de 2004. Disponível: em: <[www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/maio2004/ju250pag8a.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2004/ju250pag8a.html)>. Acesso em: 08 maio 2013.

FOYER, C. H.; SHIGEOKA, S. Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. **Plant Physiology**, v.155, p.93-100, 2011.

FREIRE, M. B. G.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCT Sal, 472p. 2010

GALLARDO A. L. C. F.; BOND A. **Capturing the implications of land use change in Brazil through environmental assessment: Time for a strategic approach?** Environ Impact Asses Rev., doi:10.1016/j.eiar.2010.06.002, 2010.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. de A.; SILVA, R. C. da.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T.. Produtividade de três cultivares de cana-de açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Rev. bras. eng. agríc. ambient...**, vol.15, n.3, pp. 250-255. ISSN 1807-1929. 2011.

GHEYI, H. I.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicações**. INCT sal, Fortaleza, 472p. ISBN 978-85-7563-489-9, 2010.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.

GOMES JUNIOR, F. de A. Cultivo da cana-de-açúcar sob molhamento parcial e pleno, com diferentes níveis de salinidade. 2014. 60 f. **Dissertação de Mestrado** (Mestre em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, v.16, p.33-50, 1996.

HAVIR, E.A., MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiol** v. 84, p. 450-455, 1987.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB**. v.17,n.5,p.32-34,1999.

HERRERA B. O.; TABOSA, J. N.; GALLINDO, F. A. T.; AZEVEDO NETO, A. D. de. **Atriplex: nova forrageira para solos salinizados no semi-árido nordestino**. Recife: IPA, 25p. 2000

HOLANDA, J. S. de.; AMORIM, J. R. A. de.; NETO, M. F.; HOLANDA, A. C. de. **Qualidade da água para irrigação**. In: **Manejo da salinidade na agricultura:**

**Estudo básico e aplicações.** INCT sal, Fortaleza, 472p. ISBN 978-85-7563-489-9, 2010.

IPA. Instituto Agronômico de Pernambuco **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco.** 2.ed . Recife, 198p. 2008.

KARUPPANAPANDIAN, T.; JUN-CHEOL, M.; CHANGSOO, K.; KUMARIAH, M.; WOOK, K. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.6, p.709-725, 2011. Disponível em: <[http://www.cropj.com/kim\\_5\\_6\\_2011\\_709\\_725.pdf](http://www.cropj.com/kim_5_6_2011_709_725.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2013.

KOCA, H.; BOR, M.; OZDEMIR, F.; TURKAN, I.. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 03, p. 344-351, 2007.

KRINSKY, N.I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, 531p. 2000

LEAL, I. G.; ACCIOLY, A. M. de. A.; NASCIMENTO, C. W. A. do.; FREIRE, M. B. G. dos S.; MONTENEGRO, A. A. de A.; FERREIRA, F. de L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.32, n.3, pp. 1065-1072. ISSN 0100-0683. 2008

LEE, D. H.; KIM, Y. S.; LEE, C. B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Physiology**, 158: 737–745. 2001.

LOCATO, V. et al. Reactive oxygen species and ascorbate-glutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants.** Enfield: Science Publishers, p.45-64. 2010.

MAIA, J. M.; MACEDO, C. E. C de.; VOIGT, E. L.; FREITAS, J. B. S.; SILVEIRA, J. A. G. Antioxidative enzymatic protection in leaves of two contrasting cowpea cultivars under salinity. **Biologia Plantarum**, v. 54, n. 01, p. 159-163, 2010.

MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. Aracajú, SE: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 29p. (Documento 168). ISSN 1678-1953. 2012.

MBARI. Monterey Bay Aquarium Institute. Marine Botany -Salinity and morphology. Washington: USDA, 328p. 2005.

MARIN, F.; NASSIFI, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande-PR, v.17, n.2, p.232–239, 2013.

MAXWELL, S.R.J. **Prospects for the use antioxidant therapies**. *Drugs* 49:345-61. 1995.

MHAMDI, A.; NOCTOR, G.; BAKER, A. Plant catalases: Peroxisomal redox guardians. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 525, n. 2, p. 181-194, 2012.

MILLER, G.; SUZUKI, H.; CIFTCI-YILMAZ, S.; MITTLER, R. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. **Plant, cell and environment**, v.33, p.453-467, 2010.

MORAIS, M. B. de. Ação combinada de fatores abióticos de estresse em variedades de cana-de-açúcar: variáveis fisiológicas e bioquímicas. 2013. 75 f **Dissertação** (Mestrado em Agronomia área Melhoramento Genético de Plantas)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora**, v.196, n.5, p.345-352, 2001.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 03, p.45-663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu Rev Plant Biol** v 59: 651–681. 2008.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. **Plant Cell Physiol** v. 22. p. 867-880, 1981.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **R. Bras. Ciências do Solo**, v.35: 929-937, 2011.

NOCTOR, G., FOYER, C. H. ASCORBATE AND GLUTATHIONE: Keeping active oxygen under control. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v.49, p.249-279, 1998.

NOGUEIRA, F. dos S.; FERREIRA, K. S.; CARNEIRO JUNIOR, J. de B.; PASSONI, L. C. Minerais em melados e em caldos de cana. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, 29(4): 727-731, ISSN 0101-2061, out.-dez. 2009.

OLIVEIRA, L. A. A.; BARRETO, L. P.; BEZERRA-NETO, E.; SANTOS, M. V. F.; COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.31-35, 2006.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B.; MOHANTY, P. Investigations on the oxidative defense responses to NaCl stress in a mangrove, *Bruguiera parviflora*: Differential regulations of isoforms of some antioxidative enzymes. **Plant Growth Regulation**, v. 42, p. 213-226, 2004.

PARIDA, A. K and DAS, A. B Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 60: 324-349. 2005.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. **Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006**. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, ISSN 1808-3765, abril-junho, 2011.

PICOLI, M. C. A., LAMPARELLI, R. A., SANO, E. E., ROCHA, J. V.: Imagens multipolarizadas do sensor Palsar/Alos na discriminação das fases fenológicas da cana-de-açúcar. - **Pesq. agropec. bras.** [online]. 47: 1307-1316, 2012.

PRISCO, J. T.; FILHO, E. G. **Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas.** In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicações.** INCT sal, Fortaleza, 472p. ISBN 978-85-7563-489-9, 2010.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, Processos e Aplicações.** Barueri, SP: Manole,. 478 p. 2004

REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; ASHRAF, M. Stress environments and their impact on crop production. In: Ashraf M, Harris PJC (eds) Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. **Haworth Press**, New York, pp 3–18. 2005.

REYNOLDS, M.; TUBEROSA, R. Translational research impact-ing on crop productivity in drought-prone environments. **Curr Opin Plant Biol** 11: 171–179. 2008.

RIBEIRO, M. R. **Origem e classificação dos solos afetados por sais.** In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Parte II Salinidade no solo e na água.** INCT sal, Fortaleza, p. 12-19. ISBN 978-85-7563-489-9, 2010.

SADEGHI, H.; SHOURIJEH, F.A. Salinity induced effects on growth parameters, chemical and biochemical characteristics of two forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 11, n.1, p.19-27, 2012.

SALLA, D. A. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. **Tese (Doutorado).** Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 168p. 2008.

SANTOS, J. R.; ABREU, N. R.; BALDANZA, R. F.. **O impacto do marketing verde nas indústrias sucroalcooleiras de Alagoas.** In: Revista Econômica do Nordeste, v.40, n.2. 2009.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III. conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, p. 425-431, 1987.

SERKEDJIEVA, J. Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: GUPTA, S. D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Enfield: Science Publishers**, Chap.13, p.275-293. 2011.

SIES H. **Strategies of antioxidant defense**. Eur J Biochem; 215:213-19. 1993.

SILVA, C. T. S. da.; AZEVEDO, H. M. de.; AZEVEDO, C. A. V. de.; NETO, J. D.; CARVALHO, C. M. de.; FILHO, R. R. G. Crescimento da cana-de-açúcar com e sem irrigação complementar sob diferentes níveis de adubação de cobertura nitrogenada e potássica. **Rev. Bras. Agric. Irrigada** v.3, n.1, p.3-12, 2009.

SILVA, P. B. Aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico. [Physiological aspects of six genotypes cane sugar subject to water stress]. 2010. 98f. **Dissertação** (Mestrado em produção vegetal e proteção de plantas). Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2010.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v.68, n.1, p.62-68, 2011.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 7, n. 3, p. 01-15, 2011.

SIRIPORNADULSIL, S.; TRAINA, S.; VERMA, D.P.S.; SAYRE, R.T. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. **Plant Cell**, v.14, p.1-11, 2012.

SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, p.1-26, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/217037>. Acesso em: 16 ago. 2014.

SILVEIRA, J. A. G.; LIMA J. P. M. S.; CAVALCANTI, F. R.; MAIA, J. M.; VIÉGAS R. A. Salt induced oxidative response in plants: damage or protection? In: Nogueira RJMC, Araújo EL, Willadino LG and Cavalcante UMT (eds). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. **MXM Gráfica e Editora**, Recife, parte II, cap. 9, p.106-117.2005.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In:GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, p. 472. 2010.

SOUZA, M. W. de L.; CUNHA, R. C. da.; COSTA, P. A. de A.; MOURA, I. N. B. M. de.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; PEREIRA, L. A. F.; OLIVEIRA, F. de. A. de. Desenvolvimento inicial de milho doce e milho pipoca sob estresse salino. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.3, p 65-72, ISSN 1808-6845. jul – set, 2014.

SUNDFELD, E.; MACHADO, C. **Ações para o desenvolvimento de processos industriais para conversão de biomassa em biocombustíveis**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2011/>. Acesso em: 10 de Mai. de 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 954p. 2013.

TARGINO, H. C. O.; SILVA, J. A. B. da.; COSTA, J. D. de S.; LOPES, L. MONTEFUSCO, N. E. J.; LINS, A. C. de S. S. Salinidade e avaliação do crescimento de plantas de cana de açúcar (variedade SP 791011). 64<sup>o</sup> Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte, 10-15 de Novembro de 2013.

TOPPA, E. V. B.; BRAMBILLA, W. P. O melhoramento de plantas e a salinidade dos solos. **Revista Verde**. Mossoró, RN, v.6, n.1, p. 21-25. ISSN 1981-8203. 2011.

TSIMPHO, C. J. Efeito da salinidade da água de irrigação e de frações de lixiviação no cultivo do milho (*Zea mays* L.) 2011. 86f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Departamento de Tecnologia Rural. Recife, 2011.



VASCONCELOS, A. C. F.; ZHANG, X.; ERVIN, E. H.; KIEHL, J. de C. **Enzymatic antioxidant responses to biostimulants in maize and soybean subjected to drought.** Scientia Agrícola. (Piracicaba, Braz.), v.66, n.3, p.395-402, May/June 2009.

WANG, W.; KIM, Y.; LEE, H; KIM, K.; DENG, X.; KAWAK, S. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. **Plant Physiology and Biochemistry** v.47, 570–577, 2009.

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

WILLADINO, L.; FILHO, R. A. de O.; JUNIOR, E. A. da S.; NETO, A. G.; CAMARA, T. R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 2, p. 417-422, abr-jun, 2011.

ZHANG, J.; KIRKHAM, M. B. Drought stress induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase and peroxidase in wheat species. **Plant Cell Physiology**, v.35, p.785-791. 1994.