



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## **Dissertação de Mestrado**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DOIS GENÓTIPOS  
DE CANA-DE-AÇÚCAR COM SUPLEMENTAÇÃO  
DE REGAS COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**LENILDO TEIXEIRA SOUTO FILHO**

**Campina Grande  
Paraíba**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DOIS GENÓTIPOS  
DE CANA-DE-AÇÚCAR COM SUPLEMENTAÇÃO DE REGAS  
COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**Lenildo Teixeira Souto Filho**

**Campina Grande - PB**

**Fevereiro/2013**

**LENILDO TEIXEIRA SOUTO FILHO**  
**ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DOIS GENÓTIPOS  
DE CANA-DE-AÇÚCAR COM SUPLEMENTAÇÃO DE REGAS  
COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**FEVEREIRO/2013**

FICHACATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S726c

Souto Filho, Lenildo Teixeira.

Crescimento e produção de dois genótipos de cana-de-açúcar com suplementação de regas com águas salinizadas / Lenildo Teixeira Souto Filho. – Campina Grande, 2013.

70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes".

Referências.

1. *Sccharum officinarum* (Cana-de-açúcar).
2. Irrigação - Água Salinizada.
3. Estresse Salino.
4. Parâmetros de Fluorescência.
5. Parâmetros de Troca Gasosa. I. Fernandes, Pedro Dantas. II. Título.

CDU 633.61:631.67 (043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

LENILDO TEIXEIRA SOUTO FILHO

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DOIS GENÓTIPOS DE  
CANA-DE-AÇÚCAR COM SUPLEMENTAÇÃO DE REGAS COM  
ÁGUAS SALINIZADAS

BANCA EXAMINADORA

PARECER

**Dr. Pedro Dantas Fernandes**  
Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

Aprovado

**Dr. José Dantas Neto**  
Examinador (UAEA/CTRN/UFCG)

APROVADO

**Dr. Alberto Soares de Melo**  
Examinador (UEPB)

Aprovado

FEVEREIRO DE 2013

## **OFEREÇO**

*A meu tio, José Teixeira Souto por sua  
dedicação para comigo, incentivando o  
meu crescimento pessoal e intelectual  
(In memoriam)*

## **DEDICO**

*A minhas tias, Aurea Teixeira Souto,  
Graciete Teixeira Souto, Maria José  
Teixeira Souto e Marinalva Teixeira  
Souto, por me dedicarem seu tempo  
em prol da minha formação e pelo  
incentivo ao estudos.*

## AGRADECIMENTOS

A meus pais, Lenildo Teixeira Souto e Nadegia Cavalcanti de Almeida Souto, pela dedicação para comigo e meus irmãos para que pudéssemos estudar e ter boa educação.

A meus tios e tias, por me ajudarem assim como meus pais quanto aos meus estudos.

A meu irmão Rodolfo José e a minhas irmãs Nair Amélia e Rafaela por me incentivarem.

A meus primos e primas, por servirem de modelo para continuar sempre em busca do conhecimento.

Aos amigos e amigas, Benjamim, Luciano Saboya, Arsênio Pessoa, Enoque, Janivan, Sebastião, Rosinaldo, Abel, Flávio, Aaron; Renato, Diego, Alberto Calado, José Cardoso, Patrícia, Jailma, Denise e Eduardo Laime pela ajuda e incentivo em meus estudos

A todos os professores e professoras que passaram pela minha vida.

Ao professor Pedro Dantas Fernandes, pela oportunidade de ser seu orientado.

Ao Colégio Diocesano de Garanhuns, onde iniciei meus estudos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de concluir o curso em Engenharia Agrônômica.

Ao Instituto Nacional do Semiárido, por contribuir na minha iniciação científica.

À Universidade Federal de Campina Grande, por me proporcionar a realização do mestrado em Engenharia Agrícola.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudo.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2.1. Objetivo geral.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. Botânica da cana-de-açúcar.....	5
3.2. Origem da cana-de-açúcar e sua introdução no Brasil.....	5
3.3. Fenologia e fisiologia da cana-de-açúcar.....	6
3.3.1. Fases de desenvolvimento da cultura.....	6
3.3.2. Aspectos fisiológicos da cultura.....	7
3.4. Características morfológicas das cultivares de cana-de-açúcar em estudo.....	8
3.5. Tolerância das plantas à salinidade.....	10
3.6. Tolerância da cana-de-açúcar à salinidade.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Área experimental.....	14
4.2. Fatores em estudo e tratamentos.....	15
4.3 Instalação e condução do experimento.....	17
4.4. Variáveis estudadas.....	20
4.4.1 Variáveis de crescimento.....	20
4.4.2. Análises fisiológicas.....	21
4.4.2.1. Trocas gasosas.....	21
4.4.2.2 Fluorescência da clorofila a.....	22
4.5. Avaliação de produção.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1. Variáveis de crescimento.....	24
5.1.1. Altura média de plantas (AMP).....	28
5.1.2. Número médio de folhas (NMF).....	32
5.1.3. Área foliar média (AFM).....	35
5.1.4. Número médio de perfilhos (NMP).....	37
5.1.5. Diâmetro médio de colmos (DMC).....	41
5.1.6. Número médio de entrenós (NME).....	44
5.2 Variáveis fisiológicas.....	47
5.2.1. Trocas gasosas.....	47
5.2.1.1. Condutância estomática ( <i>gs</i> ).....	48
5.2.1.2. Taxa transpiratória ( <i>E</i> ).....	49
5.2.1.3 Concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>C<sub>i</sub></i> ) e Fotossíntese ( <i>A</i> ).....	52
5.2.2. Fluorescência.....	54
5.3. Produção de colmos (PRO).....	58
6. CONCLUSÕES.....	61
7. REFERÊNCIAS.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados das análises químicas realizadas em amostras compostas coletadas nos lisímetros, na profundidade 0 – 20 cm. UFCG, Campina Grande-PB, 2012.....	18
Tabela 2 Resumo da análise de variância para as variáveis: Altura Média de Plantas por touceira (AMP), Número Médio de Folhas por touceira (NMF), Área Foliar Média por touceira (AFM) e Número Médio de Perfilhos por touceira (NMP) em avaliações durante o período experimental de 95 a 285 DAP. UFCG, Campina Grande,PB, 2012.....	25
Tabela 3 Valores médios apresentados para altura média de plantas (AMP) de cultivares SP e RB aos 245 e 275 dias após plantio (DAP). Campina Grande , PB, 2012 .....	28
Tabela 4 Número de folhas por touceira, médias por touceira, das cultivares SP e RB aos 155 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande,PB, 2012.....	34
Tabela 5 Valores médios de área foliar por touceira das cultivares SP e RB aos 195 e 225 DAP.....	37
Tabela 6 Valores médios por touceira do número de perfilhos (NP) das cultivares SP e RB aos 245 e 275 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande, 2012.....	38
Tabela 7 Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio de colmos das plantas por touceira (DMC) e número médio de entrenós por colmo por touceira (NME) no período experimental de 170 a 290 DAP. UFCG, Campina Grande,PB, 2012 .....	41
Tabela 8 Valores médios de diâmetro de colmo (DMC) em mm, por touceira, das cultivares SP e RB aos 170, 200, 260 e 290 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande,PB, 2012 .....	43
Tabela 9 Valores médios apresentados para número de entrenós (NME) por touceira das cultivares SP e RB aos 200 e 230 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012 .....	45
Tabela 10 Valores médios de condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e Taxa fotossintética (A), nas datas de 120 e 300 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande-PB, 2012 .....	48
Tabela 11 Resumo da análise de variância para os parâmetros de fluorescência: fluorescência inicial (F <sub>0</sub> ), fluorescência máxima (F <sub>m</sub> ), fluorescência variável (F <sub>v</sub> ) e eficiência quântica máxima do fotossistema II (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) durante o período experimental de 120 e 240 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande- PB, 2012 .....	57
Tabela 12 Valores das médias dos fatores para CEa e cultivar para as variáveis fluorescência inicial (F <sub>0</sub> ), máxima (F <sub>m</sub> ), variável (F <sub>v</sub> ) e eficiência quântica máxima do fotossistema II (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) em plantas de cana-de-açúcar aos 120 e 240 DAP. UFCG, Campina Grande,PB, 2012.....	58
Tabela 13 Resumo da análise de variância com os dados de produção de colmos por touceira (PRO) por ocasião da colheita, em avaliação aos 318 DAP. UFCG, Campina Grande,PB, 2012.....	59

## LISTA DE FIGURA

Figura 1. Fases de desenvolvimento da cana (GASCHO & SHIH, 1983).....	7
Figura 2 Dados dos componentes climáticos registrados durante o período experimental de dezembro de 2011 a outubro de 2012, em uma estação automatizada localizada próximo ao local. UFCG, Campina Grande, PB .....	14
Figura 3 Imagem de satélite da área experimental. UFCG, Campina Grande-PB, 2012 .....	15
Figura 4 Vista do experimento, com todos os lisímetros, aos 180 dias após plantio. UFCG, Campina Grande, PB, 2012 .....	16
Figura 5 Balanço hídrico dos lisímetros nos meses em que as plantas foram irrigadas com águas salinizadas. UFCG, Campina Grande, PB, 2012 ..	20
Figura 6 Altura média de plantas submetidas aos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa) durante o tempo de 95 aos 275 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012.....	31
Figura 7 Interação entre fatores cultivares x níveis de salinidade para o número de folhas. UFCG, Campina Grande, PB, 2012.....	33
Figura 8 Efeito dos níveis salinos representados pela condutividade elétrica da água de irrigação sobre o número de folhas, na avaliação aos 275 DAP. UFCG, Campina Grande, 2012.....	35
Figura 9. Área foliar média de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade aos 135 e 255 DAP. UFCG, Campina Grande, 2012.....	36
Figura 10 Cana com 150 dias após plantio, período esse correspondendo a uma diminuição no número de perfilhos e a um incremento mais significativo na altura das plantas.....	39
Figura 11 Efeito da interação, aos 230 DAP, entre cultivares x salinidade no diâmetro de colmos da cv. RB92579.....	44
Figura 12 Número médio de entrenós em plantas submetidas a diferentes níveis de salinidade aos 230, 260 e 290 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012 .....	46
Figura 13 Produção média da cana-de-açúcar em termos de peso médio de colmos por touceira, sob diferentes níveis de salinidade por ocasião da colheita, aos 318 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012.....	60

## **Crescimento e produção de dois genótipos de cana-de-açúcar com suplementação de regas com águas salinizadas**

### **RESUMO**

Com o incremento de cultivos de cana-de-açúcar em áreas do Semiárido brasileiro, geralmente sob irrigação, há o risco constante de salinização das terras pelas peculiaridades de clima e solo da região, o que requer realização de pesquisas para identificar genótipos tolerantes ao estresse salino. Neste sentido objetivou-se avaliar a tolerância de duas cultivares de cana-de-açúcar ao estresse salino, sob complementação de regas, com águas salinizadas. O trabalho foi realizado em lisímetros de drenagem (4 touceiras por lisímetro), a céu aberto, no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, no Campus da UFCG, em Campina Grande, PB. Foram estudados os genótipos 'SP 813250' e 'RB 92579', combinados a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m<sup>-1</sup>) em blocos casualizados. Os níveis de salinidade foram obtidos com adição de NaCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub> à água do sistema de abastecimento da cidade, na proporção 7:2:1, respectivamente. O experimento constou de duas etapas, na primeira, de 80 dias, as plantas foram irrigadas com água sem adição de sais e, na segunda, após essa data, as regas foram feitas com águas salinizadas nos níveis correspondentes aos tratamentos, sempre que as chuvas não atendiam às suas necessidades hídricas. As avaliações foram realizadas em médias por touceira, constando de variáveis de crescimento (altura e diâmetro de colmos, número de folhas, área foliar e número de perfilhos), fisiológicas (condutância estomática, transpiração, carbono interno, fotossíntese e parâmetros de fluorescência) e produção de colmos. A colheita se deu aos 318 dias após plantio, constatando-se ser o perfilhamento a variável menos indicada para estudos de avaliação da sensibilidade ao estresse salino em cana-de-açúcar; o menor perfilhamento da 'RB 92579' foi compensado pela maior altura e diâmetro do colmo. Reduziu-se a atividade fisiológica, próximo à colheita, com decréscimo de todos os parâmetros de trocas gasosas, em ambas as cultivares, com exceção da concentração interna de carbono, que se acumulou nas folhas. As variáveis de fluorescência não foram afetadas pela salinidade da água de irrigação. A cv. 'RB

92579' é mais tolerante à salinidade que a 'SP 813250' produzindo 10,54 % mais no nível mais alto de salinidade.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum*, condutividade elétrica, estresse salino, trocas gasosas, fluorescência, eficiência quântica do fotossistema II

## **Growth and yield of two genotypes of sugarcane being supplemented the irrigation with salinized water**

### **ABSTRACT**

Increasing the cultivation of sugarcane in the Brazilian semi-arid areas, usually under irrigation, there is the risk of land salinization, due to the peculiarities of climate and soil of the region, requiring constantly new researches in order to identify genotypes tolerant to salt stress. With this purpose this work was carried out, aiming to evaluate the tolerance of two sugarcane cultivars to salt stress under irrigation in dry periods, using salinized waters. The study was conducted in open drainage lysimeters (4 sugarcane clumps per lysimeter), from December/2011 to Novembro/2012, in UFCG Campus in Campina Grande. The genotypes 'SP 813250' and 'RB 92579' were utilized, combined with five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m<sup>-1</sup>), in randomized block design. Salinity levels were obtained with addition of NaCl, CaCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> to the water supply system of the city, in the ratio 7:2:1, respectively. The experiment consisted of two phases, being the plants irrigated with water without salt addition, in the first one with duration of 90 days. In the second phase, the plants received irrigations with saline water, after that time, at levels corresponding to the treatments, when the rains did not meet their water requirements. Evaluations were made on sugarcane clumps (obtaining the average of each variable), being obtained the data of growth variables (height and stalk diameter, number of leaves, leaf area, number of tillers), physiological variables (stomatal conductance, transpiration, internal carbon, photosynthesis and fluorescence parameters) and stalk yield. The harvest took place at 318 days after planting, being identified that the variable of tillering is the less suitable for studies assessing the sensitivity to salt stress in sugar cane. The lowest tillering of 'RB92579' was offset by greater height and diameter stalk of this genotype. It was noticed a decreasing of the physiological activity, close to harvest, in both cultivars, with the exception of the internal concentration of carbon that has accumulated in the leaves. The fluorescence parameters were not affected by salinity. The cv. RB 92579 is more tolerant to salinity than 'SP813250', producing 10.54% more at the highest level of salinity.

**Key words:** *Saccharum officinarum*, electrical conductivity, salinity stress, gas exchange, fluorescence, quantum efficiency of photosystem II

## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida possui 1.135 municípios, distribuídos em oito Estados do Nordeste, e mais o norte de Minas Gerais, ocupando uma área de 980.598, 079 km<sup>2</sup>, com uma população de 22.598.318 habitantes (MEDEIROS et al., 2012).

Nesta região há riscos permanentes de salinização e/ou sodificação devido, na maioria das vezes, à qualidade da água e ao manejo inadequado da irrigação.

As áreas comprometidas por sais vêm crescendo a cada ano. Estima-se que no mundo 45 milhões de hectares de terras irrigadas estejam afetadas por sais e 32 milhões de hectares das terras que não são irrigadas passam pelo mesmo problema, respectivamente esses valores representam 19,5 % e 2,1 %. No Brasil, o percentual estimado varia entre 20 e 25 % sendo a região Semiárida a mais atingida (FAO, 2006).

O efeito da salinidade é variável sobre as culturas, algumas com rendimentos aceitáveis em condições de elevada condutividade elétrica do solo ou da água de irrigação, enquanto outras são afetadas em níveis relativamente baixos. A diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica e tolerância à maior concentração de íons de algumas espécies, mantendo a absorção de água mesmo em condições de alta salinidade (TESTER & DAVENPORT, 2003; TESTER & BACIC, 2005). Esta capacidade de adaptação possibilita a seleção de genótipos mais tolerantes ao estresse salino e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando não se consegue manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância da maioria dos genótipos (MARCUM, 2001). Com base, também, na literatura, sabe-se que os mecanismos de adaptação ao estresse salino variam entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie (MUNNS & TESTER, 2008), o que deve ser investigado em cana.

Padate et al. (2008) relatam haver um milhão de hectares de solos cultivados com cana-de-açúcar no mundo, afetados pela salinidade ou sodicidade, em razão de se situarem em zonas tropicais e subtropicais.

No Nordeste brasileiro, onde a salinização dos solos é um perigo constante por suas condições climáticas, com registros de milhares de hectares afetados por sais, a cana-de-açúcar pode ser uma alternativa de cultivo precisando, para tal, de uma base tecnológica gerada em pesquisas. Segundo Willadino et al. (2011) a área de cultivo de cana-de-açúcar está se expandindo na região semiárida brasileira.

Neste contexto, ressalta-se ser a cultura de cana-de-açúcar importante para o Brasil e para o Nordeste brasileiro, segundo Galvão et al. (2005). Em alguns programas de melhoramento da cana, no Brasil constam, entre os seus objetivos, identificar e/ou obter genótipos tolerantes à salinidade (CESNIK & MIOCQUE, 2004; LANDELL et al., 2007; SILVA, 2007) sem divulgação de materiais genéticos atendendo a tais objetivos, até momento. Relativamente a fatores de estresse, alguns resultados positivos estão relacionados ao estresse hídrico e, principalmente, à resistência a doenças (BARBOSA et al., 2003; CAPONE et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; SOUZA et al., 2011). Mesmo na literatura internacional são poucos os trabalhos envolvendo estudos de salinidade em cana e todos eles foram realizados com genótipos não utilizados em nosso país (OCA et al., 1996; LINGLE et al., 2000; GARCIA & MEDINA, 2003; HUSSAIN et al., 2004; WAHID, 2004; GARCIA & MEDINA, 2010; NADIAN et al., 2012).

Em outras culturas da mesma família da cana, como o milho, há estudos do efeito salino que podem ser utilizados como aporte. A exemplo, tem-se Willadino et al. (1999) que observaram, ao estudar respostas de diferentes genótipos de milho ao estresse salino, decréscimo no seu crescimento e Oliveira *et al.* (2009) que avaliando o desenvolvimento inicial do milho pipoca 'híbrido Zélia' irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, constataram que o incremento da salinidade da água inibiu o diâmetro do caule e o número de folhas emitidas das plantas.

Depreende-se, portanto, a relevância de serem realizadas pesquisas para se identificar materiais genéticos de cana-de-açúcar tolerantes à salinidade, na

perspectiva de possibilitar a expansão de seu cultivo em áreas do semiárido brasileiro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a tolerância de duas cultivares de cana-de-açúcar ao estresse salino, irrigadas com águas salinizadas nos períodos de estiagem, durante o primeiro ciclo de cultivo.

### **2.2. Objetivos específicos**

a) Analisar o crescimento das cultivares 'SP 813250' e 'RB 92579' de cana-de-açúcar irrigadas com águas salinizadas, nos períodos de estiagem;

b) Verificar alterações nas trocas gasosas e na eficiência quântica do fotossistema II de dois genótipos de cana-de-açúcar em condições de salinidade da água de irrigação

c) Avaliar o rendimento de colmos das cultivares de cana-de-açúcar com irrigação complementar com águas salinizadas.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Botânica da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene do reino *Plantae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, gênero *Saccharum* e espécie *Saccharum officinarum* L. As raízes são fasciculadas e podem atingir até 4 m de profundidade, embora cerca de 80% do sistema radicular se concentrem nos 20 cm superficiais do solo. As folhas são simples, alternadas e formadas por lâmina e bainha, ambas ligadas por uma porção internamente membranosa, denominada lígula. A bainha contém, em geral, uma aurícula e pelos. O caule é um colmo e as flores se arranjam em inflorescência denominada panícula. A cana-de-açúcar é considerada uma das plantas com maior eficiência fotossintética e se constitui numa cultura de alto rendimento de matéria verde, energia e fibras (SAMPAIO et al., 1995).

#### **3.2. Origem da cana-de-açúcar e sua introdução no Brasil**

A cana-de-açúcar teve, como centro de origem, a região leste da Indonésia e Nova Guiné e, ao longo de muitos séculos, disseminou-se para várias ilhas do sul do Oceano Pacífico, Indochina, Arquipélago da Malásia e Bengala, despertando como planta produtora de açúcar, na Índia tropical. Os persas foram os primeiros a desenvolver técnicas de produção do açúcar, estabelecendo as rotas do açúcar entre os países asiáticos e africanos (DELGADO & CESAR, 1977).

Segundo Brandão (1985) há uma divergência a respeito do período de introdução, no Brasil, das primeiras mudas de cana-de-açúcar podendo ter sido

introduzidas por arrendatários portugueses ou por Martim Afonso de Sousa, em 1532.

### **3.3 Fenologia e fisiologia da cana-de-açúcar**

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas e da sua inter-relação entre as fases caracterizadas por esses eventos, dentro de uma mesma ou de várias espécies (LIETH, 1974).

#### **3.3.1. Fases de desenvolvimento da cultura**

A cana-de-açúcar tem quatro estágios em sua fenologia: fase de brotação e fase de estabelecimento, compreendendo o plantio até a compleição da brotação das gemas; logo após o plantio, se inicia o processo de intumescimento das gemas; cuja brotações ocorre dentro de 20 a 30 dias após o plantio, dependendo da umidade do solo; a brotação é marcada por um aumento rápido e acentuado da atividade respiratória, acompanhado pelo início do transporte ativo de substâncias para os pontos de crescimento; a fase de perfilhamento se inicia em torno de 40 dias após o plantio e pode durar até 120 dias; é um processo fisiológico de ramificação subterrânea contínuo das juntas nodais compactas. A fase de crescimento dos colmos começa a partir de 120 dias depois do plantio e dura até 270 dias, em cultivo de 12 meses; esta é a fase mais importante do cultivo pois é quando ocorrem a formação e o alongamento do colmo, resultando em produção. A fase de maturação em um cultivo de cana-planta se prolonga por seis meses, começando aos 270 – 360 dias após plantio. A síntese e o acúmulo rápido de açúcar ocorrem durante esta fase; por isso, o crescimento vegetativo é reduzido (DIOLA & SANTOS, 2010).

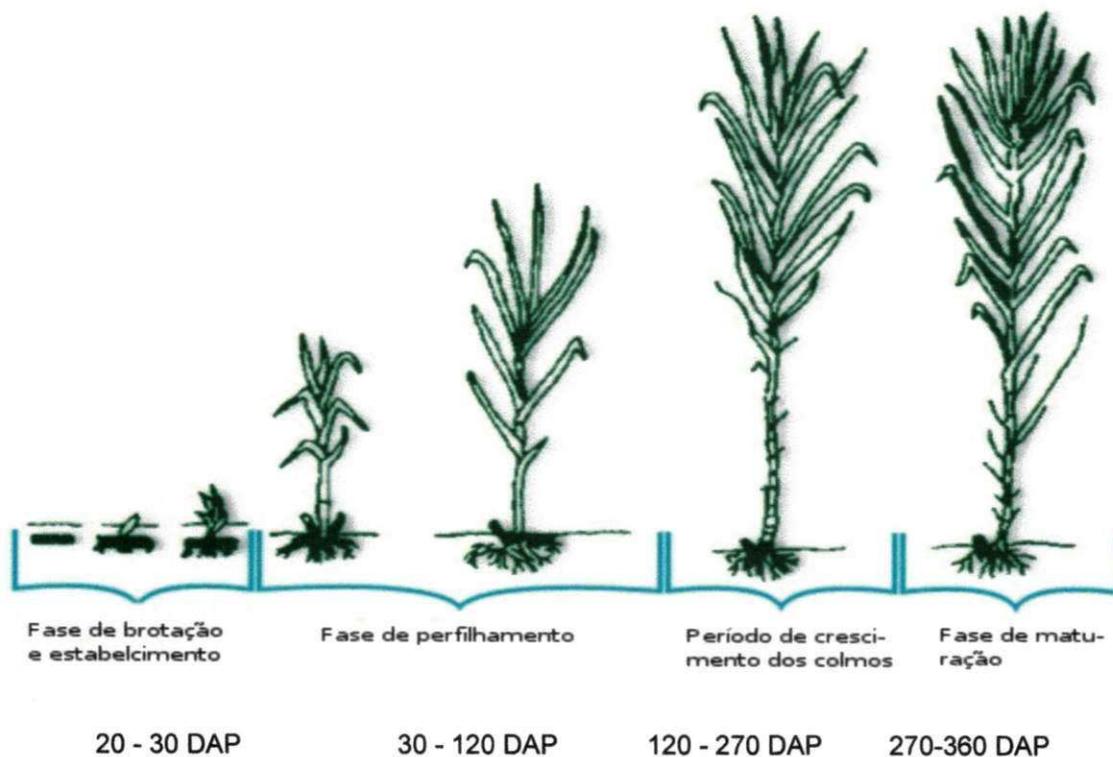


Figura 1. Fases de desenvolvimento da cana (GASCHO & SHIH, 1983)

Segundo Dantas Neto et al. (2010), uma planta em seu *habitat* natural tem características relativas ao seu desenvolvimento e produção final e, quando é levada para um ambiente com condições climáticas diferentes, as características podem ser modificadas. Segundo os autores, torna-se importante a necessidade do conhecimento de comportamento de cada variedade de cana-de-açúcar, em determinada região produtora.

### 3.3.2. Aspectos fisiológicos da cultura

A cana-de-açúcar é uma planta C<sub>4</sub>, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos, como produto primário do processo fotossintético, que é o ácido málico. Apresenta alta taxa fotossintética e de eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> da atmosfera (SEGATO et al., 2006).

Por ser uma C<sub>4</sub>, possui um metabolismo altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas até 100 mg de

CO<sub>2</sub> fixado por dm<sup>2</sup> de área foliar, por hora. Esta alta atividade fotossintética não se correlaciona diretamente com a elevada produtividade de biomassa. A grande capacidade da cana-de-açúcar para a produção de matéria orgânica, reside na alta taxa fotossintética por unidade de superfície de terreno, resultando em alto índice de área foliar (IAF). Além disto, o longo ciclo de crescimento da planta resulta em elevadas produções de matéria seca (RODRIGUES, 1995).

As plantas do tipo C4 também apresentam características de maior eficiência na abertura e no fechamento dos estômatos, em condições de algum estresse (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Com base no conhecimento contido em Yordanov et al. (2003) e Inman-Bamber et al. (2005) a redução da condutância estomática é uma estratégia da cana-de-açúcar para evitar a desidratação das folhas.

Em condições de estresse hídrico a condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e fotossíntese (A) tendem a diminuir, sendo a gs acompanhada pela taxa transpiratória (E); isto, para evitar perdas de água e, assim, evitar a desidratação das plantas ajudando a sobrevivência das plantas em condições críticas (MACHADO et al., 2009; GONÇALVES et al., 2010).

Willadino et al. (2011) verificaram estudando estresse salino com duas variedades de cana-de-açúcar ('RB 867515' e 'RB 863129') em ambos os genótipos, aumento na fluorescência em paralelo à redução do teor de clorofila, à medida que os níveis de salinidade aumentaram indicando perturbação no processo fotossintético.

#### **3.4. Características morfológicas das cultivares de cana-de-açúcar em estudo**

A variedade 'SP 813250' tem hábito levemente decumbente com pouco acamamento, despalha média, crescimento vigoroso, apresentando uniformidade e alto perfilhamento. Os entrenós são de cor verde-arroxeados ao sol e verde-amarelados sob a palha, sendo os brotos também de cor verde-amarelado; o comprimento e o diâmetro são médios, do tipo cilíndrico; a secção transversal é circular e o aspecto é liso. Apresenta zigue-zague suave, canaleta rasa, pouca

cera e ausência de rachaduras. O anel de crescimento (no nó) verde-amarelado, de largura e saliência médias. A zona radicular é de largura média, os poros radiculares são de cor roxo-amarelada, zona cerosa regular e sem enraizamento aéreo. As gemas desta variedade são de tamanho médio e tipo oval, com pouca saliência, com pelos no ápice, poro de posição apical, não ultrapassando o anel de crescimento. As folhas são arqueadas de largura média com poucos pelos e pouco serrilhamento nos bordos, sendo a copa volumosa. O palmito é de cor verde-amarelada com pouca cera, comprimento médio, secção transversal circular e intensidade regular de joçal no dorso. A aurícula é do tipo lanceolada de tamanho médio, presente em um só lado. A lígula é crescente e tem formato curvo, de cor verde. Manchas nas bainhas são eventuais. O florescimento é intenso, com média isoporização (COPERSUCAR, 1995).

Segundo Nogueira (2011) essa cultivar apresenta alta produtividade, se adaptada a solos de fertilidade intermediária, alto Pol, maturação média, florescimento médio, ótimo perfilhamento de brotação de soqueiras e colheita Mecânica boa.

A variedade 'RB 92579' tem hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e serrilhamento fraco das bordas, difícil despalha, palmito curto de secção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular (BARBOSA, et al., 2003).

De acordo com Simões Neto et al. (2005) essa cultivar apresenta como características alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, bom fechamento de entrelinhas, maturação média, na safra apresenta alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo PUI, e médio teor de fibra, não apresenta restrição a ambiente de produção.

### 3.5. Tolerância das plantas à salinidade

Normalmente, solos afetados por sais são encontrados em zonas áridas e semiáridas, nas quais a evaporação é superior à precipitação pluviométrica. A drenagem interna deficiente em alguns solos dessas regiões, juntamente com a evaporação excessiva, resulta em acumulação de sais solúveis e incremento do sódio trocável na superfície e/ou na subsuperfície dos solos (BARROS et al., 2004).

O processo de salinização do solo tem origem na sua própria formação em virtude de se originar da intemperização da rocha matriz envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação dos fatores de clima, relevo, organismos vivos e tempo. Durante a intemperização os diversos constituintes das rochas são liberados na forma de compostos simples. As fontes dos sais solúveis em água são os minerais primários que se encontram no solo e nas rochas da crosta terrestre (RICHARDS, 1954; SANTOS, 2000).

O aumento da concentração de sais solúveis no solo afeta o crescimento das plantas em razão do aumento da tensão osmótica da solução do solo, reduzindo a absorção de água pelas plantas devido à acumulação de quantidades tóxicas de vários íons e de distúrbios no balanço de íons (HENRY & JOHNSON, 1977; CHHABRA, 1996).

Em plantas de *Atriplex prostrata* Boucher, Wang et al. (1997) observaram que o aumento na salinidade acompanhou os aumentos nas concentrações de sódio e cloro e reduções nas de potássio, cálcio e magnésio. Segundo esses autores, o aumento nas concentrações daqueles íons promoveu redução no potencial osmótico e manteve o fluxo de água para as plantas. Kurban et al. (1998) indicaram que plantas de *Alhagi pseudoalhagi* exibiram maior ajustamento osmótico do que plantas de *Vigna radiata*; verificaram, ainda, que a contribuição osmótica dos íons foi aproximadamente duas a quatro vezes maior do que a contribuição dos açúcares ou aminoácidos, sendo o sódio e o cloro os principais colaboradores para a redução do potencial osmótico das plantas.

De acordo com Larcher (2000) as plantas acumuladoras de sal, por sua vez, têm grande eficiência na compartimentação intracelular de íons, reduzem o

potencial osmótico para valores menores que o da solução do solo mantendo, desta forma, a absorção de água.

Richards (1954) analisou a tolerância à salinidade conforme os seguintes critérios: a) capacidade da cultura em sobreviver em solos salinos; (b) o rendimento da cultura em solos salinos e (c) o rendimento da cultura em solo salino, comparado ao solo não salino, sendo este último critério o melhor para estudos comparativos. De acordo com Rhoades et al. (1992) na seleção de culturas para solos deve-se dar uma atenção particular à sua tolerância à salinidade, durante o desenvolvimento inicial haja vista que, frequentemente, baixas produções resultam de falhas na obtenção de densidades satisfatórias de plantas. Algumas culturas tolerantes, em fase posterior à do crescimento, são muito sensíveis na fase inicial.

### **3.6. Tolerância da cana-de-açúcar à salinidade**

O valor limiar da cultura da cana-de-açúcar é de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ , limite abaixo do qual a cana consegue ter seu desenvolvimento normal, sem efeitos generalizados (DIAS & BLANCO, 2010). Segundo Blackburn (1984) a cultura não apresenta perda de produção a uma CE de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ , porém quando a CE chega a valores de 3,3, 6,0, 10,4 e 18,6, as perdas são, respectivamente de 10%, 25%, 50% e 100%. Fageria (1985) classifica como tolerante à salinidade o genótipo cuja produção se reduz entre 0 e 20%. Roseff (1995) relata que valor acima de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  pode levar a um forte declínio no crescimento, chegando a sobreviver sob valores entre 10 e  $15 \text{ dS m}^{-1}$ .

Nas variedades da cana PR 692176, tolerante a salinidades, e V 78-1, identificada como sensível à salinidade, foram observados redução significativa em seu crescimento e notável efeito na morfologia quantitativa do sistema radicular, efeito este superior na presença de NaCl quando comparadas plantas submetidas a  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; tal comportamento se deve a um efeito iônico do  $\text{Cl}^-$  como íon mais tóxico na cana-de-açúcar (GARCIA & MEDINA, 2010). Esses autores observaram um crescimento menor de plantas de cana-de-açúcar irrigadas com

NaCl, que as da testemunha e comparando este sal com o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o efeito foi maior com cloreto de sódio.

Segundo Santana et al. (2007) não há diferença significativa entre a interação da salinidade da água de irrigação e classes texturais para a brotação de estacas de cana, com tendência de decréscimo na porcentagem de brotação em função da salinidade da água de irrigação. No solo de textura média obteve-se o maior valor de brotação.

Em trabalhos com duas variedades de cana-de-açúcar (CP-77-400 e COJ-84) sob diferentes concentrações de sais, Hussain et al. (2004) observaram diminuição no comprimento de colmos das plantas submetidas a níveis mais elevados de sais.

Gomes et al. (2009) observaram, em estudos sobre a formação de calos embriogênicos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sob a ação de diferentes concentrações de cloreto de sódio, que os tecidos (calos) da variedade 'SP 813250' são mais resistentes ao NaCl, em comparação com os de 'RB 72454'.

Oca et al. (1996) observaram, trabalhando com três variedades de cana-de-açúcar em três concentrações de sais no extrato de saturação de um vertissolo, obtiveram diminuição do peso de folhas frescas e secas quando a concentração salina aumentou de 0,96 para 8,4 dS m<sup>-1</sup> e a planta não sobreviveu quando chegou ao valor de 16,4 dS m<sup>-1</sup>. García e Medina (2010) registraram diminuição na emissão foliar e aumento de folhas secas, quando plantas de dois genótipos de cana foram irrigadas, durante 60 dias, ao cloreto de sódio; o número de folhas verdes em plantas recebendo cloreto de sódio, foi 32 e nas plantas do tratamento testemunha foi de 114 folhas verdes.

Em estudos referentes aos efeitos tóxicos e osmóticos do cloreto de sódio no crescimento de folhas e produção econômica de genótipos de cana-de-açúcar, Wahid et al. (2004) observaram diminuição da área foliar das cultivares, sendo o efeito menos evidente na cultivar 'CP-4333', em comparação com a cultivar 'CP-71-3002'; segundo eles, por ajustamento osmótico a planta regula o balanço da água nas células devido à acumulação de osmólitos orgânicos e inorgânicos. Maior produção e retenção de osmólitos não tóxicos compatíveis é uma estratégia

das plantas tolerantes na luta contra os efeitos prejudiciais da salinidade, por desempenharem várias funções melhorando o equilíbrio hídrico da célula.

Nadian et al. (2012) relatam diminuição da área foliar das plantas, decorrente de concentrações mais elevadas de sais, acima da salinidade limiar da cana-de-açúcar, cujo valor é  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Em seu trabalho, os autores avaliaram a influência da aplicação de níveis de nitrogênio, com diferentes condutividades elétricas, verificando diminuição do efeito da salinidade sobre as plantas, mesmo em condições mais elevadas de salinidade; observaram, ainda, associação entre o aumento do nitrogênio e maior acumulação de prolina; trabalharam com condutividade elétrica variando de 1 a  $8 \text{ d S m}^{-1}$ .

Lingle et al. (2000) verificaram, em seu trabalho de pesquisa avaliando os efeitos de irrigação com águas salinas na cana-de-açúcar, diminuição no número de entrenós dos colmos, decorrente dos sais.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área experimental

O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/UFCG, em Campina Grande, PB, nas coordenadas  $-07^{\circ} 13' 50''$  de latitude,  $-35^{\circ} 52' 52''$  de longitude e altitude de 551 m (Figura 2).

Os dados climáticos registrados durante o período experimental de aplicação dos tratamentos, estão expostos na Figura 2.

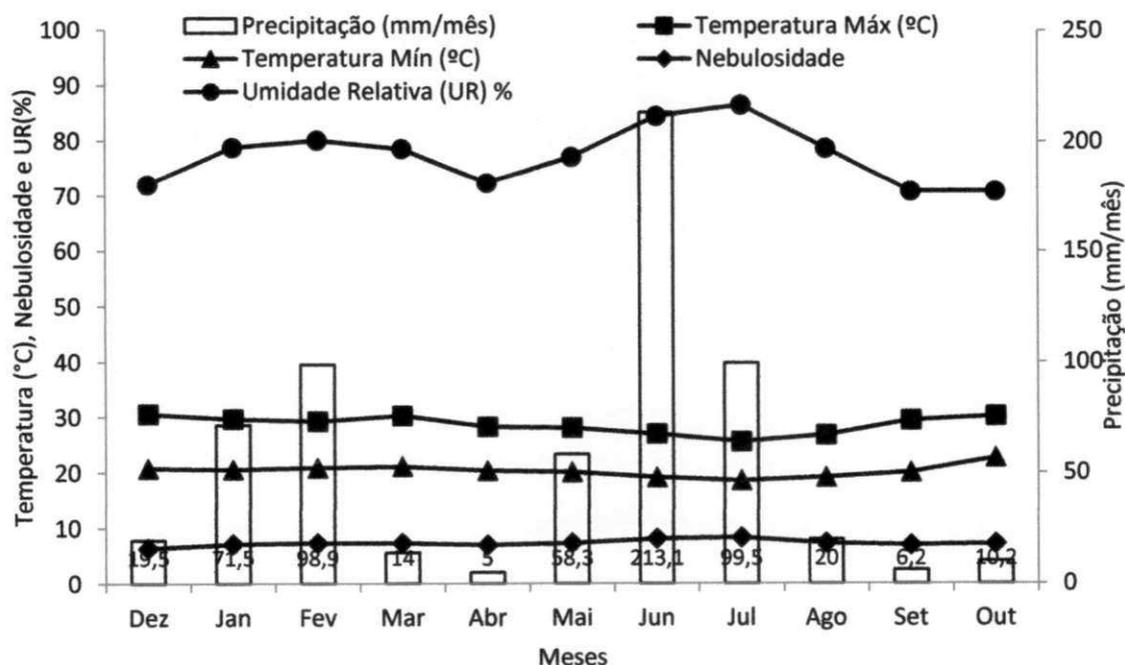


Figura 2 Dados dos componentes climáticos registrados durante o período experimental de dezembro de 2011 a outubro de 2012, em uma estação automatizada localizada próximo ao local. UFCG, Campina Grande, PB

Fonte AESA, (2012)

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo de clima encontrado em Campina Grande, PB, é quente e úmido, caracterizando-se pela ocorrência de chuvas de outono - inverno e um período de estiagem de cinco a seis meses. O período seco começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado no trimestre da primavera, salientando-se o mês de novembro como o mais seco; a estação chuvosa começa em março/abril e se encerra em agosto. As temperaturas do ar variam entre a máxima anual de 28,6 °C e a mínima de 19,5 °C e a umidade relativa é bastante uniforme em toda a região, com médias em torno de 80% LMRS/PB (2007).



Figura 3 Imagem de satélite da área experimental. UFCG, Campina Grande-PB, 2012

#### 4.2. Fatores em estudo e tratamentos

O trabalho foi constituído de duas cultivares de cana-de-açúcar, a 'SP 813250' e a 'RB 92579', plantadas em lisímetros e posteriormente submetidas a diferentes níveis de estresse salino, fornecidos por meio da água de irrigação. Os lisímetros têm as seguintes dimensões: 1,5 m de comprimento, 1,0 m de largura e 1,0 m de profundidade contendo, na base, uma camada de brita de 10 cm e outra

de areia sobre ela, de mesma espessura, para contenção do solo em seu interior e facilitar a drenagem; os lisímetros são conectados a uma tubulação, com registros para facilitar a medição da água de drenagem.

Foram avaliados os efeitos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, expressos em termos de condutividade elétrica da água de irrigação: 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m<sup>-1</sup>. O primeiro nível (0,6 dS m<sup>-1</sup>) corresponde à condutividade elétrica da água do abastecimento local (CAGEPA), como tratamento testemunha. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, compondo um fatorial 2 x 5 (2 cultivares x 5 níveis de salinidade da água) resultando em 10 tratamentos e quatro repetições dispostos em 40 lisímetros, sendo a parcela constituída de 4 touceiras por lisímetro (Figura 4).



Figura 4 Vista do experimento, com todos os lisímetros, aos 180 dias após plantio. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Após sorteio, obteve-se a ordem de distribuição dos tratamentos nos blocos, contida no Quadro 1.

Quadro 1. Disposição dos tratamentos nos quatro blocos. UFCG, Campina Grande, PB, 2012.

Blocos			
B1	B2	B3	B4
NTRB	N1RB	N4SP	N3RB
N4RB	NTRB	N1RB	N4SP
N2SP	N2SP	N1SP	N2RB
N3RB	N2RB	N3SP	N2SP
N1SP	N4SP	N3RB	N3SP
N2RB	N3RB	N2RB	NTSP
N4SP	N4RB	N2SP	N4RB
N1RB	N3SP	NTSP	NTRB
N3SP	NTSP	N4RB	N1RB
NTSP	N1SP	NTRB	N1SP

Legenda: NT = 0,6 dS m<sup>-1</sup>; N1 = 1,6 dS m<sup>-1</sup>; N2= 2,6 dS m<sup>-1</sup>; N3 = 3,6 dS m<sup>-1</sup>; N4 = 4,6 dS m<sup>-1</sup>; Cultivares: SP = 'SP 813250' e RB = 'RB 92579'

### 4.3 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do trabalho coletaram-se amostras do solo contido nos lisímetros, na profundidade de 0 - 20 cm, para análises químicas; considerando já terem sido cultivados com pinhão-manso, em um experimento envolvendo níveis de irrigação com águas salinizadas, quinze dias antes da amostragem do solo, realizaram-se lavagens com água do sistema de abastecimento local, em volume suficiente para drenagem e lixiviação dos sais, três vezes por semana.

As análises químicas foram processadas em duas etapas; inicialmente, em amostras individuais por lisímetro, para os atributos de salinidade. Constatando-se não haver efeito residual da salinidade do experimento anterior, fez-se a análise completa em uma amostra composta, obtendo-se os valores químicos (médias) contidos na Tabela 1.

Tabela 1 Resultados das análises químicas realizadas em amostras compostas coletadas nos lisímetros, na profundidade 0 – 20 cm. UFCG, Campina Grande-PB, 2012.

Atributos químicos do solo	Valores
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,21
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,85
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,05
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,17
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,46
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,44
Alumínio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00
CTC a pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,90
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausente
Carbono Orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	5,20
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	8,90
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	5,00
Fósforo Assimilável ( mg kg <sup>-1</sup> )	47,7
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,53
Cond. Elétrica mmhos/cm(Suspensão Solo-Água)	0,06
PST	1,17

As estacas de colmos (rebolo-sementes) dos dois genótipos foram obtidas na Usina Central Olho D'água, localizada no município de Camutanga, Pernambuco (Latitude -07° 25' 07", Longitude -35° 16' 35" e altitude 109 m), na Zona da Mata. Segundo Lacerda et al. (2006) o clima desta região é úmido, com chuvas superiores a 1.000 mm, em média, iniciando-se as chuvas em março e se estendendo até agosto, sendo a deficiência hídrica notória entre os meses de setembro a fevereiro e excedentes nos demais meses do ano.

Antes do plantio as estacas passaram por um tratamento térmico, na própria Usina, objetivando-se a destruição dos microrganismos, principalmente os relacionados ao raquitismo-da-soqueira (FERNANDES JÚNIOR et al., 2010). O plantio foi feito após irrigação dos lisímetros deixando-se a umidade do solo em nível correspondente ao da capacidade de campo.

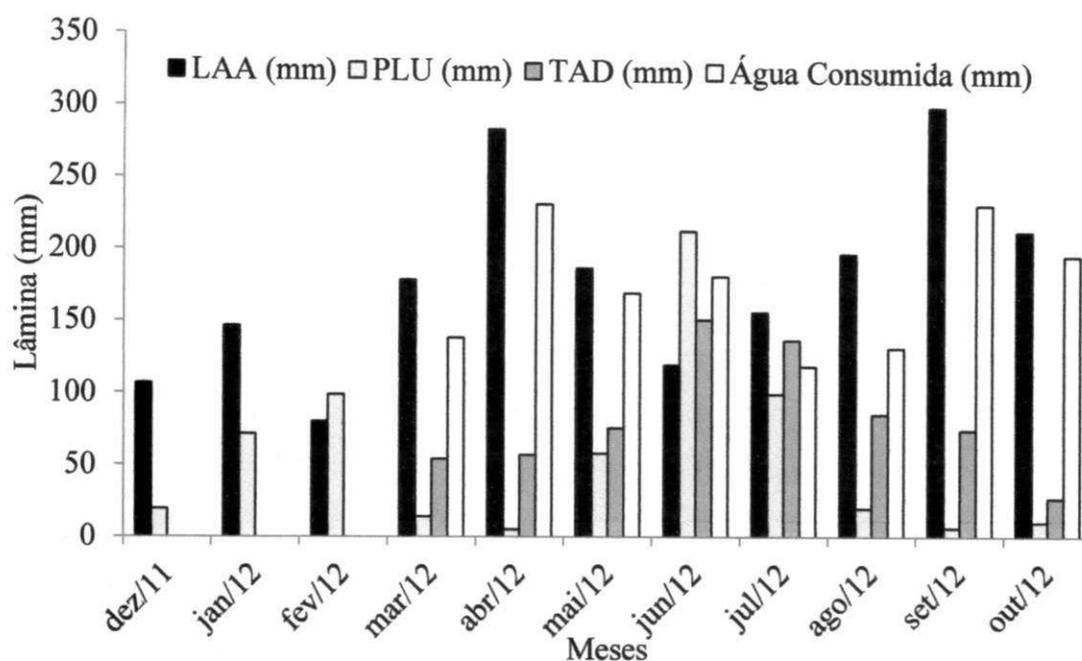
O plantio foi realizado em 22 de dezembro de 2011 utilizando-se de toletes com duas gemas bem destacadas, plantados de modo a ficar uma gema virada

para cima e a outra para o lado, dentro da cova de plantio e a uma profundidade de 15 cm.

A adubação foi adaptada, de acordo com as recomendações, de Alvarez et al. (1991) e realizada no momento do plantio com  $P_2O_5$ , na quantidade correspondente a de 180 kg/ha e 100 kg de  $K_2O$  (adubação de fundação); após 60 dias, no mês de fevereiro, foi aplicado o correspondente a 100 kg/ha de  $K_2O$  e 90 kg/ha de N; a adubação nitrogenada foi repetida em mais três aplicações de 45 kg/ha de N, nos meses de março, maio e agosto, coincidindo as duas últimas adubações nitrogenadas com aplicações de potássio, na quantidade correspondente a 100 kg/ha de  $K_2O$  em cada aplicação.

O experimento foi dividido em duas etapas em função da aplicação dos tratamentos de salinidade, através de irrigação. Na primeira etapa, abrangendo o período de 23 de dezembro de 2011 a 06 de março de 2012, a irrigação foi com água do sistema local de abastecimento, com baixa condutividade elétrica; inicialmente, as irrigações foram diárias até o início de emergência das primeiras brotações, aos 12 dias após o plantio (DAP); a partir daí, a frequência da irrigação passou a ser a cada dois dias e, quando a cultura completou 56 DAP, a irrigação passou a ser a cada três dias. No dia 10 de março de 2012, transcorridos 80 DAP, começou a segunda etapa experimental com início da aplicação dos tratamentos de salinidade, com irrigações a cada três dias, sendo suspensa nos dias com pluviosidade superior a 5 mm dia<sup>-1</sup>. O maior período chuvoso foi de 28 dias abrangendo os dias 18/06 a 16/07/2012.

Em 22/10/2012 realizou-se a última irrigação do experimento, antes da colheita realizada nos dias 31/10 a 03/11/2012. Durante todo o período experimental foram registrados os volumes de água aplicados e o drenado, para avaliação do consumo hídrico das plantas, abrangendo março a outubro de 2012. Esses dados estão na Figura 5 acrescidos da pluviosidade ocorrida nos vários meses, compondo o balanço hídrico das plantas em seus respectivos lisímetros.



Legenda: lâmina de água aplicada (LAA); pluviosidade (PLU); total de água drenada (TAD)

Figura 5 Balanço hídrico dos lisímetros nos meses em que as plantas foram irrigadas com águas salinizadas. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

OBS: A avaliação da lâmina drenada se iniciou em março de 2012.

#### 4.4. Variáveis estudadas

##### 4.4.1 Variáveis de crescimento

Foram avaliadas, mensalmente, as variáveis: altura média de plantas (AMP) (cm), número médio de perfilhos (NMP) por touceira e número médio de folhas (NMF) por touceira. Na determinação da altura de plantas a medição foi feita partindo da superfície do solo até a formação auricular visível da última folha (folha +1) (Silva et al., 2012) utilizando-se de fita métrica com início aos 95 e término aos 275 DAP.

A área foliar média (AFM) (cm<sup>2</sup>) foi obtida pela avaliação da folha +3 de 8 colmos por lisímetro, por meio da equação de Hermann & Câmara (1999) expressa na Eq. 1, com avaliações no período entre 105 DAP e 285 DAP.

$$AF = C \times L \times 0,75 (N+2) \dots\dots\dots \text{Eq. 1}$$

Em que: C é o comprimento da maior nervura em cm e L é a maior largura (em cm) da folha +3; 0,75 é o fator de correção para a área foliar da cultura e N é o número médio de folhas por touceira em cada lisímetro, com limbo totalmente abertas e com pelo menos 20% de sua área da cor verde.

O diâmetro médio de colmos (DMC) expresso em mm e o número médio de entrenós (NME), expressos em unidades, foram avaliados também, mensalmente, com início aos 170 DAP e término aos 290 DAP; o DMC foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital mensurado a 30 cm da superfície do solo de dois colmos de cada touceira dos lisímetros; enfim o NME foi obtido através de contagem do número de entrenós em dois colmos por touceira do lisímetro (SANTANA et al., 2010; SOUZA et al., 2011 ).

#### **4.4.2. Análises fisiológicas**

##### **4.4.2.1. Trocas gasosas**

Foram feitas duas avaliações de trocas gasosas, uma no período de maior número de perfilhos e a outra no período de estabilização do número de perfilhos por colmo, aos 120 e 300 DAP respectivamente;. as variáveis fisiológicas analisadas, com base em Gonçalves et al. (2010), foram: concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$  -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  ), condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E$  -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e fotossíntese líquida ( $A$  - expressa em  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{m}^{-1}$ ). Essas variáveis foram avaliadas na porção mediana do limbo da folha +3, utilizando-se de um analisador a gás infravermelho portátil (IRGA, modelo ADC - LCpro - SD da ADC/England), com acoplamento de uma fonte luminosa externa, ajustada em  $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa. As medições foram realizadas no horário da manhã, entre as 8 h 30 min e 10 h e 30 min.

Após a coleta dos dados realizou-se a média dos tratamentos. Essas médias são provenientes de duas leituras por lisímetro, ou seja, 8 leituras por tratamento considerando-se as quatro repetições. Não foi feita análise estatística pela variação ocorrida nas avaliações, demorando entre 1h e 30 minutos e 2 horas, entre o início e o final das leituras.

#### **4.4.2.2 Fluorescência da clorofila a**

Duas análises foram realizadas, uma aos 120 e a outra aos 240 DAP, correspondendo ao período de maior perfilhamento e no início de estabilização do perfilhamento, respectivamente. Foram feitas na parte mediana da folha +3, entre 8:00 e 9:30 da manhã, de duas plantas úteis em cada lisímetro e com o uso de fluorômetro portátil PEA (Plant Efficiency Analyzer, Hansatech) determinando-se: fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e rendimento quântico máximo ( $F_v/F_m$ ), também denominado eficiência quântica do fotossistema II, seguindo-se procedimentos contidos em Gonçalves et al. (2010).

#### **4.5. Avaliação de produção**

A produção foi avaliada ao final do primeiro ciclo, aos 318 DAP, cortando-se os colmos na base, rente ao solo, retirando-se as folhas secas e se eliminando o ponteiro (meristema apical e folhas inseridas nessa parte), também denominado de 'bandeira' (RAVANELI et al., 2004). As análises foram realizadas considerando o peso de colmos, e a média por touceira (kg/touceira).

Com base na redução da produção as cultivares foram classificadas em tolerante (redução de 0-20%), moderadamente tolerante (redução de 21-40%), moderadamente susceptível (redução de 41-60%) e susceptível, quando a redução foi superior a 60%, modelado em critérios contidos em Fageria (1985).

#### **4.6. Análises estatísticas**

As análises estatísticas constaram de análise de variância com aplicação do teste F ( $p < 0,05$  e  $< 0,01$ ); os dados relacionados ao fator Cultivar (C) por serem apenas duas, foram analisados pela significância do teste F, isto é, em havendo significância a média de maior valor é estatisticamente significativa. Os dados do fator salinidade (S), por serem de natureza quantitativa, foram analisados por componentes de regressão polinomial (FERREIRA, 2000). Nas análises das variáveis número de folhas, número de perfilhos, e número de entrenós os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  (SILVA & SILVA, 1999). Com base em conhecimento contido em Perecin & Cargnelutti Filho (2008), a interação C x S foi desdobrada nas análises estatísticas dos dados de produção de colmos, mesmo não sendo significativa, pela importância desta variável e pela possibilidade de estarem confundidos nos graus de liberdade do resíduo (4), efeitos significativos entre os fatores.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Variáveis de crescimento**

Os valores do resumo da análise de variância para altura média de plantas (AMP), número médio de folhas (NMF), área foliar média (AFM) e número médio de perfilhos (NMP), todos relacionados à touceira, estão na Tabela 2, com avaliações realizadas em intervalos de 30 dias.

Analisando, inicialmente, o fator cultivar (C) observa-se não diferirem entre si, os dois genótipos, nas variáveis de crescimento AMP e NMP, principalmente nas primeiras análises, só se registrando diferenças entre elas nas últimas avaliações, ao final do ciclo. Em número médio de folhas (NMF), foi constatada diferença entre as cultivares nos estudos realizados aos 125 e 155 DAP, mas sem diferirem no restante do ciclo; diferenças de área foliar (AFM) entre os genótipos, foram observadas aos 105, 135, 195 e 225 DAP; portanto, em datas posteriores às do registro de diferenças na emissão de folhas.

Relativo ao outro fator em estudo, salinidade da água de irrigação (S), em geral, o crescimento das plantas variou em altura em função dos tratamentos de salinidade, em todas as épocas de avaliação. Ao contrário, o perfilhamento (NMP) não foi afetado pelos níveis de sais na água de irrigação durante todo o primeiro ciclo da cana. Para o número médio de folhas por touceira, foram significativos os modelos de regressão linear do fator salinidade nas duas últimas avaliações correspondendo ao final do ciclo, quando deve ter incrementado a concentração de sais no solo. O efeito da salinidade sobre a área foliar foi observado aos 135 e aos 255 DAP.

Esses dados diferem dos divulgados por Santana et al. (2007) que verificaram crescimento inversamente proporcional ao das variáveis vegetativas, à concentração de sais na água de irrigação, diferente do que se registrou nesta

pesquisa; com efeitos do estresse salino em poucas variáveis; deve-se ressaltar, entretanto, que os autores citados trabalharam em ambiente protegido em Lavras, MG, com a var. SP 80-1842 e durante apenas os primeiros 38 dias após plantio.

Nas duas variáveis e nas épocas em que foi significativo o efeito da salinidade, obteve-se regressão linear significativa, ficando a ser feita uma análise melhor, ao se discutir os valores médios para os tratamentos.

Quando significativo o efeito do fator salinidade não dependeu do genótipo de cana pois na maioria das épocas de avaliação a interação C x S não foi estatisticamente significativa; apenas aos 125 DAP, se obteve efeito interativo sobre o número de folhas (NMF).

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as variáveis: Altura Média de Plantas por touceira (AMP), Número Médio de Folhas por touceira (NMF), Área Foliar Média por touceira (AFM) e Número Médio de Perfílios por touceira (NMP) em avaliações durante o período experimental de 95 a 285 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012.

DAP	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
			AMP	NMF <sup>a</sup>	AFM	NMP <sup>a</sup>
95	Cultivar (C)	1	72,2938 <sup>NS</sup>	1,5348 <sup>NS</sup>		0,0258 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	103,6265**	0,1119 <sup>NS</sup>		0,0869 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	252,1743**	0,5850 <sup>NS</sup>		0,0105 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol.quadrática	1	38,9341 <sup>NS</sup>	0,000049 <sup>NS</sup>		0,0026 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000*		0,0000**
	Interação C X S	4	34,4219 <sup>NS</sup>	0,4135 <sup>NS</sup>		0,0812 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	107,9506*	3,4944**		1,0449**
	Residuo	27	27,1477	0,6736		0,1430
	CV(%)		12,82	8,81		9,6
105	Cultivar (C)	1			597536730,0250	
	Salinidade (S)	4			182256016,3375 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol. linear	1			248149557,6125 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol.quadrática	1			216559251,0804 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000**	
	Interação C X S	4			123638466,0875 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			810931974,4917 <sup>NS</sup>	
	Residuo	27			105548349,7694	
	CV(%)				36,17	

Continuidade da Tabela 2		GL	AMP	NMF <sup>a</sup>	AFM	NMP <sup>a</sup>
125	Cultivar (C)	1	93,0936 <sup>NS</sup>	2,4592*		0,0659 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	1111,4276**	0,8434 <sup>NS</sup>		0,0382 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	4210,3304**	2,4606*		0,0239 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. quadrática	1	211,7019 <sup>NS</sup>	0,8129 <sup>NS</sup>		0,0129 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000**		0,0000**
	Interação C X S	4	41,5275 <sup>NS</sup>	0,9191*		0,1273 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	557,0398*	2,1336**		0,3139 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	154,6632	0,3342		0,1107
	CV(%)		15,20	5,94		7,66
135	Cultivar (C)	1			451261497,6000**	
	Salinidade (S)	4			305474565,9625*	
	Reg.Pol. linear	1			930868723,5125**	
	Reg.Pol. quadrática	1			2654622143,2232 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000**	
	Interação C X S	4			116562811,1625 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			387523062,6000 <sup>NS</sup>	
	Residuo	27			93715844,2852	
	CV(%)				21,12	
155	Cultivar(C)	1	24,4070 <sup>NS</sup>	1,5166**		0,0644 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	1678,1888**	0,0657 <sup>NS</sup>		0,0344 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	6091,2018**	0,0025 <sup>NS</sup>		0,0065
	Reg.Pol. quadrática	1	495,4290 <sup>NS</sup>	0,0712 <sup>NS</sup>		0,0050 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000**		0,0000**
	Interação C X S	4	115,2866 <sup>NS</sup>	0,4092 <sup>NS</sup>		0,0892 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	276,5963 <sup>NS</sup>	0,8222 <sup>NS</sup>		0,1531 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	363,0968	0,3431		0,0696
	CV(%)		17,02	6,30		6,48
165	Cultivar (C)	1			135258450,6250 <sup>NS</sup>	
	Salinidade (S)	4			510230183,1000 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol. linear	1			372535540,3125*	
	Reg.Pol. quadrática	1			98236,5090 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000**	
	Interação C X S	4			117286737,2500 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			185555941,8917 <sup>NS</sup>	
	Residuo	27			77840778,9843	
	CV(%)				20,01	
185	Cultivar(C)	1	4,5782 <sup>NS</sup>	0,9772 <sup>NS</sup>		0,0769 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	1873,6541**	0,3886 <sup>NS</sup>		0,0169 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	6979,8754**	0,0077 <sup>NS</sup>		0,299 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. quadrática	1	393,6750 <sup>NS</sup>	0,9146 <sup>NS</sup>		0,0061 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000*		0,0000**
	Interação C X S	4	355,3313 <sup>NS</sup>	0,7139 <sup>NS</sup>		0,0576 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	212,3413 <sup>NS</sup>	1,3907 <sup>NS</sup>		0,1673*
	Residuo	27	305,8468	0,5028		0,0489
	CV(%)		11,67	7,74		6,15

Continuidade da Tabela 2		GL	AMP	NMF <sup>a</sup>	AFM	NMP <sup>a</sup>
195	Cultivar(C)	1			356761317,0250*	
	Salinidade (S)	4			83656856,3500 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol. linear	1			191580500,0000 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol. quadrática	1			87933728,5714 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000**	
	Interação C X S	4			66020236,9000 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			235790242,6917*	
	Residuo	27			51889292,9139	
	CV(%)				16,83	
215	Cultivar(C)	1	1196,7802 <sup>NS</sup>	0,5901 <sup>NS</sup>		0,3388 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	2128,1406**	0,0608 <sup>NS</sup>		0,0136 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	8071,2740**	0,1983 <sup>NS</sup>		0,0515 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. quadrática	1	294,2167 <sup>NS</sup>	0,0006 <sup>NS</sup>		0,0008 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000**		0,0000*
	Interação C X S	4	172,4211 <sup>NS</sup>	0,3423 <sup>NS</sup>		0,0240 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	449,2349 <sup>NS</sup>	0,9602 <sup>NS</sup>		0,2123 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	368,9294	0,3884		0,0840
	CV(%)		10,09	7,44		6,15
225	Cultivar(C)	1			405800850,6250**	
	Salinidade (S)	4			110391666,0250 <sup>NS</sup>	
	Reg.Pol. linear	1			251064066,0500*	
	Reg.Pol. quadrática	1			97999238,8929 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000**	
	Interação C X S	4			52029057,8750 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			664258225,4917**	
	Residuo	27			45500052,9361	
	CV(%)				18,68	
245	Cultivar(C)	1	2232,2228*	0,1444 <sup>NS</sup>		0,3921*
	Salinidade (S)	4	2551,6971**	0,5894 <sup>NS</sup>		0,0104 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	9852,0831**	1,9112*		0,0215 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. quadrática	1	268,1585 <sup>NS</sup>	0,0568 <sup>NS</sup>		0,0031 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000*		0,0000**
	Interação C X S	4	157,6699 <sup>NS</sup>	0,3143 <sup>NS</sup>		0,0308 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	765,5608 <sup>NS</sup>	1,2966*		0,1368 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	439,8578	0,4061		0,0597
	CV(%)		9,99	7,84		8,41
255	Cultivar(C)	1			5372890,0000 <sup>NS</sup>	
	Salinidade (S)	4			31530431,2875*	
	Reg.Pol. linear	1			1237911787,8125**	
	Reg.Pol. quadrática	1			1087637,2232 <sup>NS</sup>	
	Desvio da Reg	2			0,0000 <sup>NS</sup>	
	Interação C X S	4			71165660,3125 <sup>NS</sup>	
	Bloco	3			63329438,7667 <sup>NS</sup>	
	Residuo	27			77658149,1556	
	CV(%)				21,83	

Continuidade tabela 2	GL	AMP	NMF <sup>a</sup>	AFM	NMP <sup>a</sup>
275 Cultivar(C)	1	5805,7505**	0,4171 <sup>NS</sup>		0,2953*
Salinidade (S)	4	5617,9844**	1,9497**		0,0336 <sup>NS</sup>
Reg.Pol. linear	1	21418,8398**	7,4117**		0,0667 <sup>NS</sup>
Reg.Pol. quadrática	1	689,5394 <sup>NS</sup>	0,2032 <sup>NS</sup>		0,0359 <sup>NS</sup>
Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000**		0,0000**
Interação C X S	4	548,5577 <sup>NS</sup>	0,4389 <sup>NS</sup>		0,0407 <sup>NS</sup>
Bloco	3	969,3956 <sup>NS</sup>	1,033 <sup>NS</sup>		0,1831*
Residuo		680,1014	0,3828		0,0591
CV(%)		10,85	7,47		8,58
285 Cultivar(C)	1			384834122,5000 <sup>NS</sup>	
Salinidade (S)	4			88086571,7750 <sup>NS</sup>	
Reg.Pol. linear	1			57250132,9000 <sup>NS</sup>	
Reg.Pol. quadrática	1			5717772,0714 <sup>NS</sup>	
Desvio da Reg	2			0,0000**	
Interação C X S	4			182759922,1250 <sup>NS</sup>	
Bloco	3			108727220,8667 <sup>NS</sup>	
Residuo	27			99372810,4037	
CV(%)				25,54	

Legenda: FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade: \* significativo a 5% e a \*\* 1%; <sup>NS</sup> não significativo, <sup>a</sup> dados transformados em  $\sqrt{x}$

### 5.1.1. Altura média de plantas (AMP)

As cultivares diferiram entre si em altura de planta, no período de 245 e 275 DAP; portanto, apenas no final do ciclo, respectivamente a 5 e 1 % de probabilidade (Tabela 2), pela análise de variância. Comparando as médias pelo teste de F (Tabela 3) constatou-se maior altura nas plantas da cultivar RB92579, nas duas últimas avaliações, superando a cv. SP813250 em 6,87% aos 245 DAP, aumentando a diferença para 9,55%, na última data de amostragem. Fica uma expectativa quanto ao diâmetro das plantas e ao peso dos colmos no momento da colheita.

Tabela 3 Valores médios apresentados para altura média de plantas (AMP) de cultivares SP e RB aos 245 e 275 dias após plantio (DAP). Campina Grande, PB, 2012

Época (DAP)	Altura média de plantas (cm)	
	Cv. SP813250	Cv. RB92579
245	202,49a (*)	217,43b (*)
275	228,27a (**)	252,37b (**)

Médias seguidas de diferentes letras na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste F a (\*) 5% e (\*\*) 1% de probabilidade

A diferença verificada entre as cultivares deve ser de ordem genética fazendo com que genes se expressem; ressalta-se não ter havido efeito significativo da interação; portanto, a altura das plantas não dependeu dos tratamentos de salinidade. Oliveira et al. (2011), estudando o crescimento de variedades de cana-de-açúcar em Janaúba, MG, localizada na região semiárida e com precipitação concentrada em quatro meses do ano em função de diferentes adubações e estresse hídrico, não observaram diferenças significativas para a variável altura de plantas, mas obtiveram média de 3,083 m. No entanto, esses autores relataram haver diferença entre os tratamentos testados em função da disponibilidade de água e adubo, com menor altura de plantas. Os mesmos autores reforçam, ainda, a necessidade da planta em umidade, temperatura e adubação suficientes para completar seu ciclo vegetativo, visando favorecer o alongamento de suas células.

Oliveira et al. (2011) afirmam, ainda, que o crescimento das plantas é determinado pelas características varietais e por fatores ambientais. Em decorrência do intenso perfilhamento na fase inicial de desenvolvimento da cultura, os autores observaram um crescimento lento em altura, até 90 dias de ciclo; após este período o crescimento foi rápido e constante, até 330 dias de ciclo, com destaque para a variedade SP80-1816.

Capone et al. (2011) observaram, avaliando o comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar, na região sul de Tocantins, que o parâmetro altura total de planta é influenciado pelo potencial genético dos genótipos, enquanto as características Brix, número de colmos e quilos de cana-de-açúcar por hectare, foram influenciadas pelo ambiente.

Em relação ao fator salinidade, em todas as avaliações o efeito sobre a altura das plantas foi linear decrescente (Tabela 2 e Figura 6). Segundo as equações matemáticas obtidas (Figura 6) o decréscimo em altura por aumento unitário de CEa, foi de 1,78 cm aos 95 DAP, 7,25 cm aos 125 DAP, 8,73 cm aos 155 DAP, 9,34 cm aos 185 DAP, 10,04 cm aos 215 DAP, 11,10 cm aos 245 DAP e 16,36 cm aos 275 DAP (Figura 6). Portanto, verifica-se ter sido maior o decréscimo da altura com o aumento da idade das plantas, um sinal do efeito acumulativo dos efeitos da concentração de sais.

Em trabalho realizado na Universidade do Estado da Carolina do Norte, García e Medina (2010) observaram um crescimento menor de plantas de cana-de-açúcar, irrigadas com NaCl, que as da testemunha, e, comparando esse sal com o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o efeito foi maior com cloreto de sódio. Nesta pesquisa a irrigação foi com águas salinizadas com cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, com maior proporção de NaCl (7:2:1).

A salinização compromete o crescimento e o desenvolvimento das plantas por baixar o potencial hídrico da solução do solo diminuindo a absorção de água pelas raízes e também por efeito de íons tóxicos, principalmente o sódio, desbalanceando o equilíbrio da absorção iônica (TAIZ & ZEIGER, 2009; EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Costa et al. (2011) observaram em seu experimento com quatro variedades de cana-de-açúcar, no quarto ciclo de cultivo, um crescimento diário na variedade RB92579 de 1,21 cm, em condições não salinas. Esse valor é superior aos obtidos neste trabalho no nível de menor salinidade (1,05 cm dia<sup>-1</sup> a 0,6 d Sm<sup>-1</sup>), salientando-se que referidos autores trabalharam em tabuleiros costeiros de Alagoas, em condições mais favoráveis que as de lisímetros.

Em trabalhos com duas variedades de cana-de-açúcar (CP-77-400 e COJ-84) sob diferentes concentrações de sais, Hussain et al. (2004) observaram diminuição no comprimento de colmos das plantas submetidas a níveis mais elevados de sais.

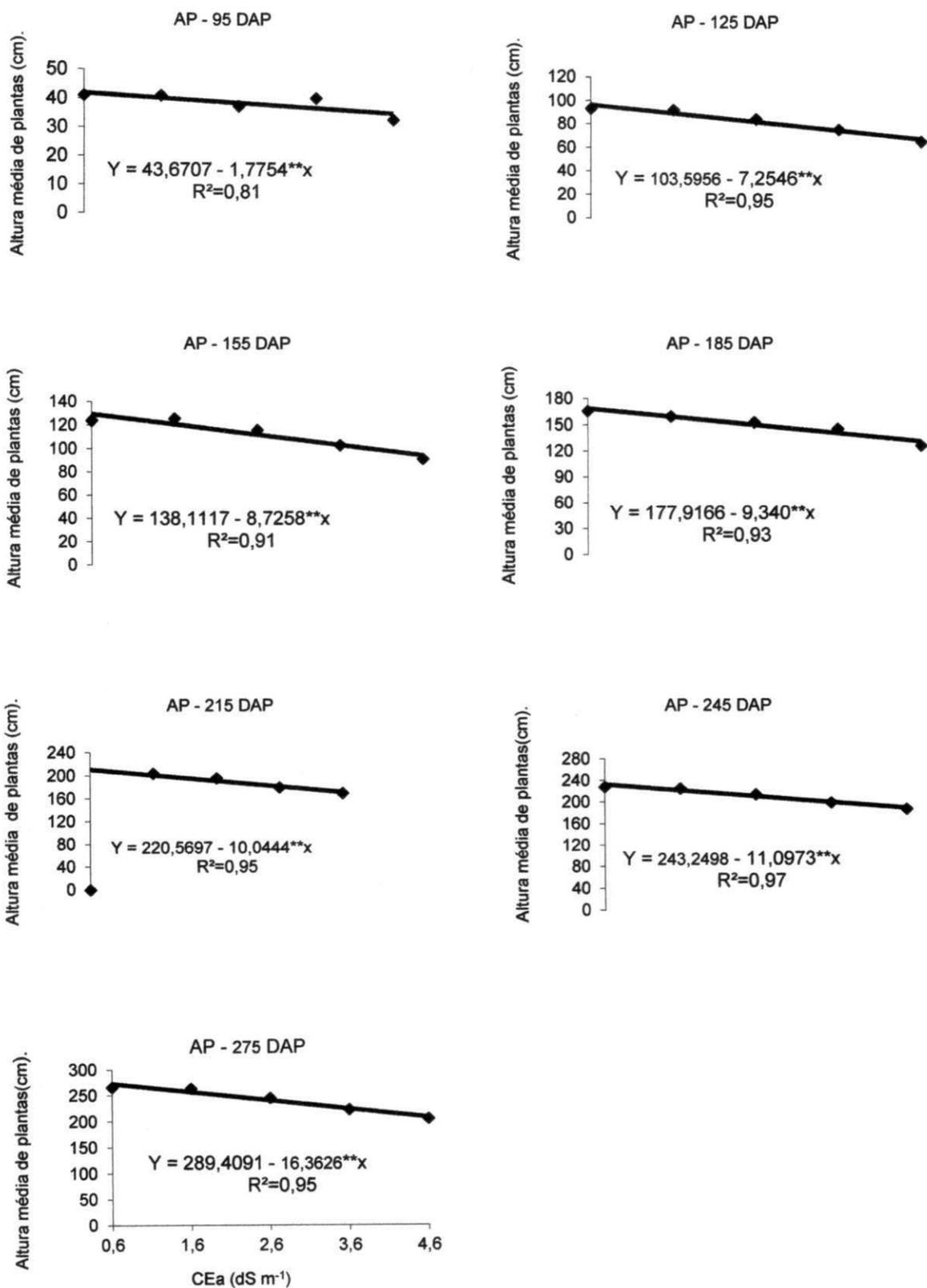


Figura 6 Altura média de plantas submetidas aos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa) durante o tempo de 95 aos 275 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

### 5.1.2. Número médio de folhas (NMF)

Em grande parte dos períodos de avaliação (95, 185, 215 e 245 DAP), não foi registrado efeito significativo entre cultivares nem níveis de salinidade e não foi significativa a interação 'cultivares x níveis de salinidade'. Salienta-se que o período de 185 a 215 DAP foi o de maior pluviosidade (Figura 2 e 5) podendo ter havido incremento da lixiviação dos sais, devido à maior drenagem. Com maior ocorrência de chuvas não foi preciso se fazer irrigação (tratamentos de salinidade) por terem sido atendidas as necessidades hídricas das plantas e também o aumento da nebulosidade e diminuição das temperaturas, possivelmente, diminuíram a evaporação da água dos lisímetros, o que acarretaria acumulação de sais na superfície do solo.

Esses acontecimentos podem ter contribuído para a não significância das variáveis cultivares, níveis de salinidade e interação cultivares x níveis de salinidades, no período; aos 95 DAP, como foi a primeira avaliação, quinze dias após o início de aplicação dos tratamentos, não havia ainda, provavelmente, efeito dos sais, não sendo detectado efeito significativo dos fatores em estudo.

Segundo Ayers (1977) a água da chuva pode assegurar uma lixiviação satisfatória de sais dos solos e amenizar os efeitos deletérios no desenvolvimento de plantas. Como exemplo da importância de uma drenagem eficiente, Sales et al. (2004), analisando o desempenho de um sistema de drenagem subterrâneo na cultura da videira, no município de Jaguaruana, CE, onde o solo, antes da instalação dos drenos, continha uma condutividade elétrica superior a  $10 \text{ dS m}^{-1}$ , passaram a níveis de condutividade adequados ao desenvolvimento da cultura.

Aos 125 DAP foi significativo para a interação cultivares x salinidade, com regressão linear decrescente a 5 % de probabilidade na cultivar SP813250, reduzindo-se 2,32 % por aumento unitário da CEa (Figura 7) mas não sendo significativa para a cv. SP92579; no entanto, foi baixo o coeficiente de determinação ( $R^2=0,51$ ) significando não haver alta correlação da salinidade dentro da codificação cultivar para a SP 813250. A provável causa para o verificado no gráfico da Figura 5 é o fato de a aplicação dos tratamentos ter ocorrido aos 50 dias após plantio, o que resultou em efeito menos pronunciado dos sais sobre as cultivares, além de estar coincidentemente no período de maior

perfilhamento (DIOLA & SANTOS 2010) e segundo Garcia e Medina (2003) maior perfilhamento pode diluir o efeito tóxico dos sais de cloreto de sódio.

Gomes et al. (2009), observaram em estudos sobre a formação de calos embriogênicos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob a ação de diferentes concentrações de cloreto de sódio, que os tecidos (calos) da variedade SP813250 são mais resistentes ao NaCl, em comparação com os de 'RB 72454'. Garcia e Medina (2010) constataram variação no número de folhas entre as cultivares PR 6992176 e V 78-1, com menor emissão foliar nesta última.

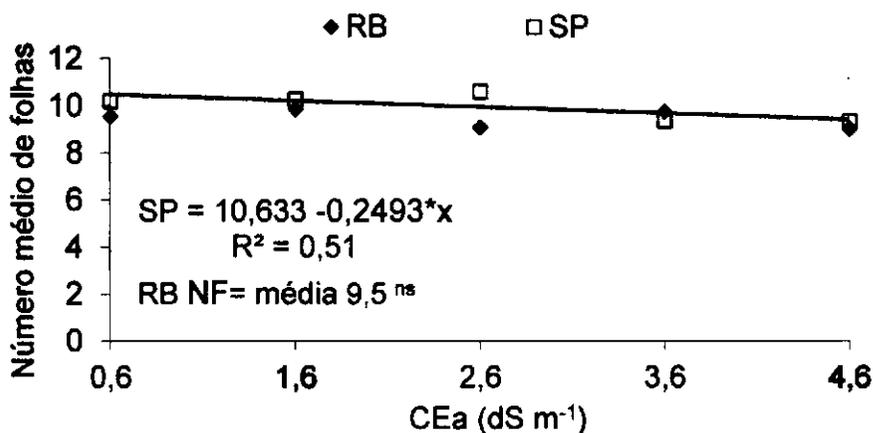


Figura 7 Interação entre fatores cultivares x níveis de salinidade para o número de folhas. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Aos 155 DAP as cultivares diferiram em número de folhas ( $p < 0,01$ ), conforme evidenciado na Tabela 2. As médias de NMF da cv. SP 813250 foram superiores às da cultivar RB 92579, com valores de 9,49 e 9,10 folhas (Tabela 4). A diferença de número de folhas entre cultivares pode ser uma característica genética pela adaptação às condições ambientais da região de localização do experimento. Oliveira et al. (2007) concluíram estudando área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa no estado do Paraná, em Latossolo vermelho distrófico, ser o número de folhas verdes apresentados por cada cultivar ser uma característica intrínseca de cada uma delas, em que as RB 72454 e RB 855113 apresentaram o maior número folhas verdes aos 377 DAP e para a RB 855536, o maior número observado de folhas verdes ocorreu aos 428 DAP.

Tabela 4 Número de folhas por touceira, médias por touceira, das cultivares SP e RB aos 155 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Época (DAP)	Cultivares	
	RB92579	SP813250
155	9,10a	9,49b

Médias seguidas de diferentes letras na linha, diferem estatisticamente entre si, pelo Teste F ( $p < 0,01$ ), dados transformados em  $\sqrt{x}$

Na última avaliação, aos 275 DAP, verificou-se efeito significativo dos tratamentos de salinidade com efeito linear dos níveis de sais na água de irrigação (Tabela 2). Na Figura 8 estão os dados relacionando ao efeito da salinidade sobre NMF, com a equação linear obtida. De acordo com o modelo matemático ocorreu uma diminuição de 3,3% em NMF, por aumento unitário de CEa. O efeito osmótico induz deficiência hídrica nas plantas, podendo haver alterações morfológicas e anatômicas, principalmente em folhas, como medida para absorver água e reduzir a taxa de transpiração (FAGERIA, 1989).

Oca et al. (1996) obtiveram trabalhando com três variedades de cana-de-açúcar em três concentrações de sais no extrato de saturação de um vertissolo, diminuição do peso de folhas frescas e secas quando a concentração salina aumentou de 0,96 para 8,4 dS m<sup>-1</sup> e a planta não sobreviveu quando chegou ao valor de 16,4 dS m<sup>-1</sup>. García e Medina (2010) registraram diminuição na emissão foliar e aumento de folhas secas, quando plantas de dois genótipos de cana foram irrigadas, durante 60 dias, ao cloreto de sódio; o número de folhas verdes em plantas recebendo cloreto de sódio, foi 32 e nas plantas do tratamento testemunha foi de 114 folhas verdes.

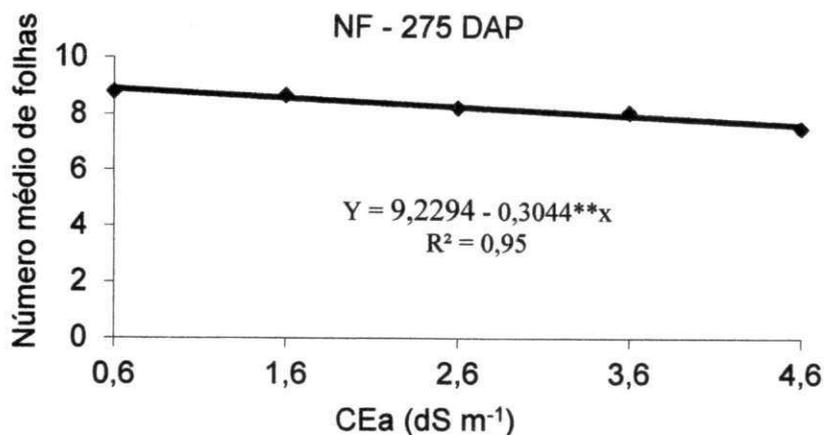


Figura 8 Efeito dos níveis salinos representados pela condutividade elétrica da água de irrigação sobre o número de folhas, na avaliação aos 275 DAP. UFCG, Campina Grande, 2012

### 5.1.3. Área foliar média (AFM)

A salinidade afetou a área foliar média das plantas, apenas aos 135 e 255 DAP. Com base em diversos autores, uma das adaptações das plantas à salinidade consiste em diminuir a superfície das folhas, o principal órgão de perda de água pela transpiração reduzindo por conseguinte a absorção de água salina (ROZEFF, 1995; LINGLE et al., 2000; HUSSAIN et al., 2004; MUNNS & TESTER, 2008). Em nenhuma das avaliações foi registrado efeito interativo dos fatores.

Na Figura 9 estão os dados de AMF apresentados graficamente, com inclusão da equação de regressão. Os decréscimos da área foliar por aumento unitário da salinidade, foram 3411,1375 e 3933,6875 cm<sup>2</sup> correspondendo, em termos percentuais, a reduções de 6,08 e 7,54 %, respectivamente, aos 135 e 255 DAP.

Em estudos referentes aos efeitos tóxicos e osmóticos do cloreto de sódio no crescimento de folhas e produção econômica de genótipos de cana-de-açúcar, Wahid et al. (2004) observaram diminuição da área foliar das cultivares, sendo o efeito menos evidente na cultivar CP-4333, em comparação com a cultivar CP-71-3002; segundo eles, por ajustamento osmótico a planta regula o balanço da água nas células devido à acumulação de osmólitos orgânicos e inorgânicos. Maior produção e retenção de osmólitos não tóxicos compatíveis é uma estratégia das

plantas tolerantes na luta contra os efeitos prejudiciais da salinidade, por desempenharem várias funções, melhorando o equilíbrio hídrico da célula.

Nadian et al. (2012) relatam diminuição da área foliar das plantas decorrente de concentrações mais elevadas de sais, acima da salinidade limiar da cana-de-açúcar, cujo valor é  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Em seu trabalho, os autores avaliaram a influência da aplicação de níveis de nitrogênio com diferentes condutividades elétricas, verificando diminuição do efeito da salinidade sobre as plantas, mesmo em condições mais elevadas de salinidade. Observaram, ainda, associação entre o aumento do nitrogênio e maior acumulação de prolina; trabalharam com condutividade elétrica variando de 1 a  $8 \text{ dS m}^{-1}$ .

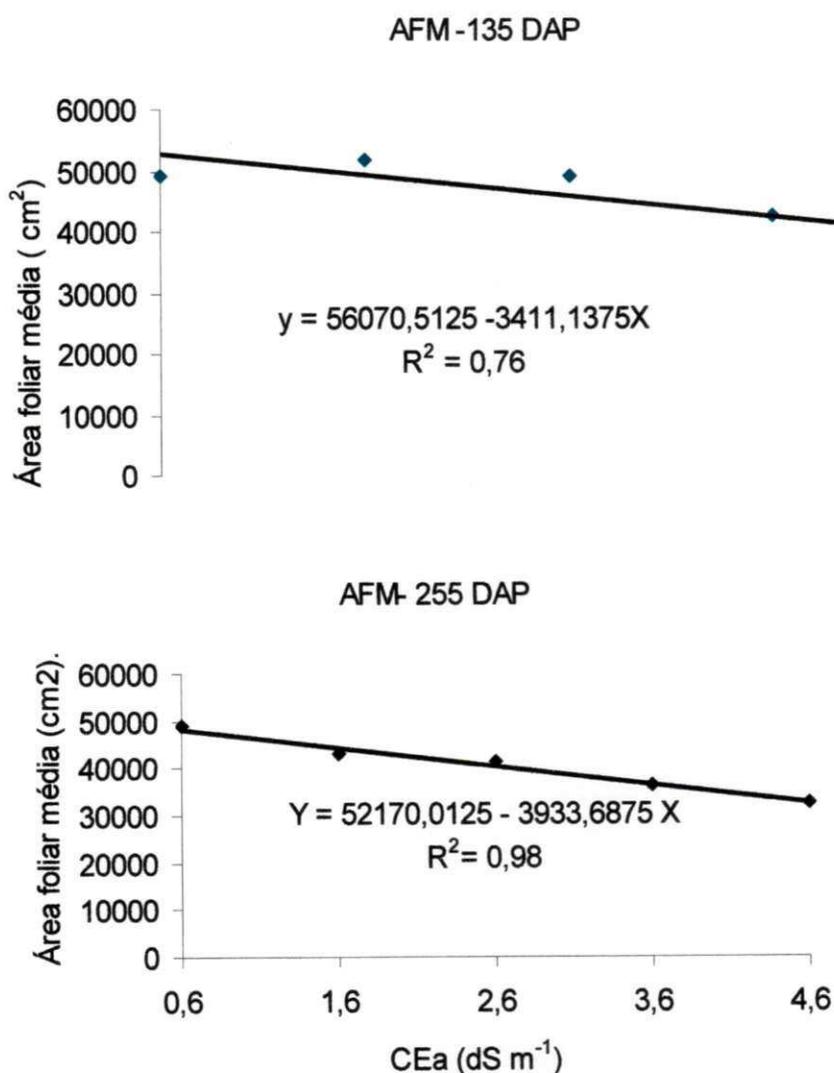


Figura 9. Área foliar média de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade aos 135 e 255 DAP. UFCG, Campina Grande, 2012

Aos 105, 135, 195 e 225 DAP o fator Cultivares foi significativo a 5 % de probabilidade para as três primeiras épocas e 1 % aos 225 DAP (Tabela 2 e Tabela 5), com maiores valores de área foliar na cultivar SP 813250, em ambas as datas. Essa diferença entre genótipos em área foliar, não teve relação com o número de folhas, variável em que não foi constatada diferença entre elas, conforme já discutido. Oliveira et al. (2007) observaram, estudando a área foliar (AF), em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa, tendência de a cultivar RB 855536 produzir menor AF por perfilho do que as outras duas. Segundo os autores, este resultado pode ter sido influenciado pelo fato desta cultivar ter produzido maior número de perfilhos nesta fase (até os 182 DAP), compensando em menor área foliar por perfilho; tal fato será comparado aos dados deste trabalho, na discussão sobre NMP, a seguir.

Tabela 5 Valores médios de área foliar por touceira das cultivares SP e RB aos 195 e 225 DAP

Época (DAP)	Cultivar	
	RB 92579	SP 813250
105	24534.95b	32265.00a
135	42478.30b	49195.90a
195	39818.60b	45791.55a
225	32916.35b	39286.60a

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo Teste F a 5% e 1% de probabilidade

#### 5.1.4. Número médio de perfilhos (NMP)

Em número de perfilhos só foi registrado efeito significativo entre cultivares nas duas últimas avaliações; portanto, já ao final do ciclo. É interessante esta observação por se saber que o perfilhamento na cana-de-açúcar ocorre até 120 DAP de acordo com Diola e Santos 2010 e que muitos perfilhos não persistem até o final, estabelecendo-se na touceira alguns deles que resultarão em colmos (BLACKBURN, 1984; CAPONE et al., 2011). Entende-se que neste trabalho, os genótipos não se diferenciaram em número de perfilhos, até 215 DAP e, após esta data a cultivar RB 92579 perdeu perfilhos, pelo que se depreende dos dados contidos na Tabela 6. Fica uma expectativa quanto às dimensões dos colmos,

para se avaliar se a perda de perfilhos pode ter resultado em maior diâmetro de colmos. Em relação à altura de colmos, como já discutido (Tabela 2; Tabela 3) ao final do ciclo foi maior o comprimento na Cv. RB 92579, o que compensou a perda de perfilhos.

A perda de perfilhos por esta cultivar foi também constatada por Costa et al. (2011), ao estudarem quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo e em tabuleiros costeiros do estado de Alagoas, verificando que a 'RB92579', em comparação com as outras, foi a de maior perfilhamento, 90 dias após corte, totalizando 27 perfilhos por metro linear; porém foi a que teve o menor número de perfilho no momento da colheita, aos 360 dias após o corte, com redução de 63%. Barbosa et al. (2003) se referem a esta cultivar como tendo bom perfilhamento, tanto na cana planta como na planta soca.

Em trabalho realizado com genótipos de cana na Zona da Mata Norte de Pernambuco, Santana et al. (2010) estudaram a variabilidade e as correlações genéticas de clones de RB e observaram que o número de colmos (resultantes dos perfilhos estabelecidos) está associado, negativamente, com o diâmetro, a altura e o peso dos colmos, o número de entrenós e a área foliar; entre os genótipos utilizados pelos autores está uma das usadas nesta pesquisa, a RB 92579.

Relacionando a interpretação desses dados com os de área foliar, em que ficou aberta na discussão uma comparação com os dados de número de perfilhos, constata-se não ser válida, para este trabalho, a observação de Oliveira et al. (2007) que encontraram uma compensação entre área foliar e número de perfilhos em um genótipo (RB 855536), diminuindo esta última variável, quando aumentava a AF., cuja explicação pode estar na diferença de genótipos, nas duas pesquisas.

Tabela 6 Valores médios por touceira do número de perfilhos (NP) das cultivares SP e RB aos 245 e 275 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande, 2012

Época (DAP)	Cultivares	
	RB 92579	SP 813250
245	2,81b	3,00a
275	2,75b	2,92a

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, dados transformados em  $\sqrt{x}$

Não houve efeito da salinidade em nenhum dos períodos de avaliação, expondo-se a Figura 10 para se ter uma ideia do perfilhamento, aos 150 DAP, quando começou a decrescer o número de perfilhos por touceira.



Figura 10 Cana com 150 dias após plantio, período esse correspondendo a uma diminuição no número de perfilhos e a um incremento mais significativo na altura das plantas.

Mesmo considerando terem sido irrigadas as plantas, apenas nos meses em que foi baixa a pluviometria ( Figura 5), houve necessidade de irrigação (água salinizada correspondente aos tratamentos) em todos os meses, embora em alguns deles tenha sido aplicada uma lâmina menor. Estas considerações são necessárias para se interpretar ser o perfilhamento da cana menos sensível à salinidade que as outras variáveis. Na literatura há referência a mecanismos de adaptação das plantas ao estresse salino, livrando tecidos/órgãos novos em formação da acumulação de íons em excesso, inclusive Na, uma forma de eficiência na compartimentação de íons e solutos (WATSON, 1947; WAHID, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2009), o que deve ter ocorrido em ambos os genótipos de cana-de-açúcar.

Cumulativamente ao fator genético, de menor sensibilidade do perfilhamento à salinidade, deve ser considerada a ocorrência de chuvas no período entre 185 e 215 DAP, com totais de precipitação de 213,1 e 99,5 mm, respectivamente, coincidindo também com os volumes maiores de drenagem (Figura 5). Nesse

intervalo de tempo foram 28 dias sem irrigação, o que pode ter facilitado a lavagem de parte dos sais do solo.

Em Santana et al.,(2007), estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, em solos com diferentes níveis de textura, ocorreu diminuição na brotação das estacas, com o aumento da concentração salina.

Em condições de ambientes controlados, como foi o caso desta pesquisa, pelo cultivo em lisímetros, Medeiros et al. (2010) relatam ser necessário um manejo cuidadoso da aplicação de águas salinizadas devendo-se usar lâminas excedentes, para lixiviação dos sais do solo resultando, assim, em equilíbrio favorável dos íons na zona radicular da cultura. De acordo com os autores, esta lâmina de lixiviação pode ser aplicada, intencionalmente, ou pode ocorrer como consequência das perdas espontâneas resultantes da irrigação. No caso deste experimento pode ter ocorrido nas épocas de 185 e 215 DAP, o que está relatado no trabalho desses autores, porém a água de lixiviação veio da precipitação pluvial. O fato de não ter havido significância aos 95 DAP, deve ter sido devido ao início da irrigação com os tratamentos de salinidade, visto que se iniciaram há apenas 15 dias, sem tempo suficiente para causar efeito sobre o perfilhamento das plantas.

De acordo com Dias e Blanco (2010) as plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de limitação de água para a planta. O aumento da pressão osmótica causada pelo excesso de sais solúveis, pode atingir um nível em que as plantas não mais terão forças de sucção suficiente para superar esta pressão osmótica e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica). Segundo os mesmos autores dependendo do grau de salinidade, a planta, ao invés de absorver, poderá até perder a água que se encontra em seu interior.

Alguns autores (WAHID, 2004; GARCIA e MEDINA, 2003) afirmam haver tendência no aumento de perfilhos de cana-de-açúcar, em condições de salinidade, estando associada a uma característica de tolerância ao estresse

salino, Neste caso em discussão, não se observou tal comportamento, mas, não se verificou efeitos da salinidade sobre essa variável.

### 5.1.5. Diâmetro médio de colmos (DMC)

Na Tabela 7 tem-se os dados do resumo da análise de variância relativos ao diâmetro médio de colmos (DMC) e ao número médio de entrenós (NME), com avaliações iniciadas aos 170 DAP, época em que começou a ser visível o colmo das plantas. Em diâmetro se diferenciaram os genótipos, desde a primeira avaliação enquanto o número médio de entrenós só começou a diferir entre eles a partir de 200 DAP.

A salinidade não afetou DMC, em nenhuma das épocas de avaliação, mas teve efeito sobre NME, iniciando-se em 230 DAP. Com exceção da amostragem realizada aos 230 DAP em que na variável diâmetro de colmo, foi significativa a interação entre Cultivares e Salinidade, nas demais épocas não se registrou significância de C x S. Mesmo em NME, em que ocorreu efeito significativo entre os fatores em várias épocas de avaliação, não houve interação entre C e S, isto é, não se constatou relação dos fatores entre si.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio de colmos das plantas por touceira (DMC) e número médio de entrenós por colmo por touceira (NME) no período experimental de 170 a 290 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Época	FV	GL	Quadrado Médio	
			DMC	NME <sup>a</sup>
170	Cultivar(C)	1	11,2194*	0,0396 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	0,9649 <sup>NS</sup>	0,0273 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	7,4736 <sup>NS</sup>	0,0092 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. quadrática	1	8,1740*	0,0417 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000**
	Interação C X S	4	6,4336 <sup>NS</sup>	0,0252 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	4,9338 <sup>NS</sup>	0,0495 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	1,8696	0,0206
	CV(%)			4,62

Continuação da tabela 7		GL	DMC	NME
200	Cultivar(C)	1	9,8836*	0,1112*
	Salinidade (S)	4	0,5878 <sup>NS</sup>	0,0328 <sup>NS</sup>
	Reg.Pol. linear	1	0,0209 <sup>NS</sup>	0,1050*
	Reg.Pol. quadrática	1	2,1633 <sup>NS</sup>	0,0230 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000**	0,0000*
	Interação C X S	4	2,6865 <sup>NS</sup>	0,0222 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	3,3656 <sup>NS</sup>	0,0574
	Residuo	27	1,8546	0,0200
	CV(%)		4,5	5,06
230	Cultivar(C)	1	16,4224**	0,0696**
	Salinidade (S)	4	1,0842 <sup>NS</sup>	0,0315*
	Reg.Pol. linear	1	0,5780 <sup>NS</sup>	0,0930**
	Reg.Pol. quadrática	1	1,9743 <sup>NS</sup>	0,0193 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000*	0,0000**
	Interação C X S	4	4,1980*	0,0236 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	3,0579 <sup>NS</sup>	0,0280 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	1,4996	0,2439
	CV(%)		3,98	3,15
260	Cultivar(C)	1	7,3563*	0,0157 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	1,9352 <sup>NS</sup>	0,1293*
	Reg.Pol. linear	1	2,6273 <sup>NS</sup>	0,4110**
	Reg.Pol. quadrática	1	2,3324 <sup>NS</sup>	0,0093 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000	0,0000
	Interação C X S	3	2,7041 <sup>NS</sup>	0,0130 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	5,1049*	0,0374 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	1,3203	0,0331
	CV(%)		3,78	4,93
290	Cultivar(C)	1	12,1000*	0,0014 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	0,2500 <sup>NS</sup>	0,2926**
	Reg.Pol. linear	1	0,1357 <sup>NS</sup>	0,0182**
	Reg.Pol. quadrática	1	0,1310 <sup>NS</sup>	0,0968*
	Desvio da Reg	2	0,0000*	0,0000*
	Interação C X S	4	2,8521 <sup>NS</sup>	0,0395 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	7,8712*	0,0137 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	1,7874	0,0204
	CV(%)		4,38	3,39

Legenda: FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade \* significativo a 5% e a \*\* 1%; <sup>NS</sup> não significativo, <sup>a</sup> dados transformados em  $\sqrt{x}$

Relativamente a DMC, maior diâmetro foi registrado no genótipo RB92579 (Tabela 8), em todos os períodos de avaliação. Fica constatado que a perda de perfilhos ocorrida nesta cultivar, conforme abordado em discussão anterior (subitem 5.1.4), foi compensada por maior crescimento do colmo, tanto em diâmetro, como em altura.

Oliveira et al. (2011) citam que o diâmetro do colmo de cana é a variável de crescimento com menor variação, já que depende das características genéticas do genótipo, do número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da área foliar e das condições ambientais. Os dados ora em discussão corroboram com as observações daqueles autores, pois o diâmetro não foi afetado pela salinidade, salvo em uma das avaliações (230 DAP).

Tabela 8 Valores médios de diâmetro de colmo (DMC) em mm, por touceira, das cultivares SP e RB aos 170, 200, 260 e 290 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Época (Dias)	Cultivares	
	SP813250	RB92579
170	29,08a	30,14b
200	29,75a	30,74b
260	29,99a	30,86b
290	29,95a	31,05b

Médias seguidas de diferentes letras na linha, diferem estatisticamente entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ )

O diâmetro de colmo aos 230 DAP foi significativo para a interação cultivares x salinidade, com regressão linear decrescente, a 5 % de probabilidade na cultivar 'RB 92579', reduzindo 1,35% por aumento unitário da CEa (Figura 11) e não sendo significativa para a cv. 'SP 813250'; no entanto, foi baixo o coeficiente de determinação ( $R^2=0,47$ ). O diâmetro é uma característica intrínseca de cada cultivar não se encontrando evidências de sua variação entre cultivares por ordem de fatores externos; como exemplo, salinidade ou adubações químicas e orgânicas, como evidenciado pelas referências encontradas na literatura (CAPONE et al., 2011; COSTA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011).

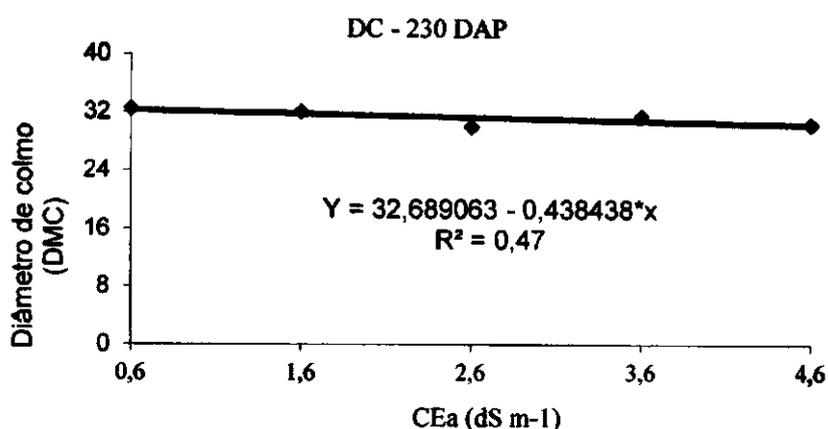


Figura 11 Efeito da interação, aos 230 DAP, entre cultivares x salinidade no diâmetro de colmos da cv. RB92579.

Hussain et al. (2004) também não encontraram, diferenças no diâmetro de colmo das variedades CP-77-400 e COJ-84, submetidas a diferentes salinidades, com valores médios de 23 mm, corroborando com o evidenciado nesta pesquisa e em vários trabalhos da literatura, uma evidência de ser o diâmetro da cana uma característica varietal.

#### 5.1.6. Número médio de entrenós (NME)

O número de entrenós diferiu entre os genótipos apenas nas avaliações realizadas aos 200 e 230 DAP, e houve efeito da salinidade a partir de 230 DAP (Tabela 7). Não se obteve interação significativa entre os fatores, em nenhuma das avaliações. Os valores médios estão expostos na Tabela 9. Nas duas épocas, nota-se maior número de entrenós na cv. SP 813250. Essas diferenças podem ser de ordem genética e/ou adaptação ao meio no qual as plantas são cultivadas.

A variável entrenó é relatada por Santana et al. (2010) como um parâmetro genético de produção utilizado para avaliar genótipos e cultivares produtivas em suas regiões de cultivo. Em seu trabalho, os autores correlacionam esta variável com outras relativas à produção, tendo encontrado correlação positiva com a altura média de colmos, mas sem correlação com a área média foliar. Ainda conforme eles, este fato indica que o número médio de entrenós não é

influenciado pela área foliar e que tais parâmetros devem ser selecionados separadamente.

Tabela 9 Valores médios apresentados para número de entrenós (NME) por touceira das cultivares SP e RB aos 200 e 230 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Época (DAP)	Cultivar	
	RB92579	SP813250
200	2,74a	2,84b
230	2,98a	3,06b

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade, dados transformados em  $\sqrt{x}$

Quanto ao efeito da salinidade ao final do ciclo, - períodos de 230, 260 e 290 DAP, obteve-se equação linear em todos eles (Tabela 7). De acordo com os dados apresentados graficamente na Figura 12 observa-se, inicialmente, ter aumentado o estresse salino afetando mais o número de entrenós nas avaliações ao final do ciclo, pois os decréscimos foram de 1,1, 1,84 e 2,48% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, nos três períodos, respectivamente.

Lingle et al. (2000) verificaram em seu trabalho de pesquisa avaliando os efeitos de irrigação com águas salinas na cana-de-açúcar, diminuição no número de entrenós dos colmos, decorrente dos sais.

O NME tem sido correlacionado significativamente com a altura média de colmos, por Santana et al. (2010), verificando uma herdabilidade de 84,39% para esta variável, no litoral sul de Pernambuco, sendo maior a do fator ambiental. Segundo Lingle et al. (2000) a redução da altura das plantas sob efeito dos sais se deve à diminuição dos entrenós e também, ao encurtamento do espaço entre eles. No presente trabalho a redução do NME também coincidiu, com a diminuição da altura de plantas por aumento unitário da CEa.

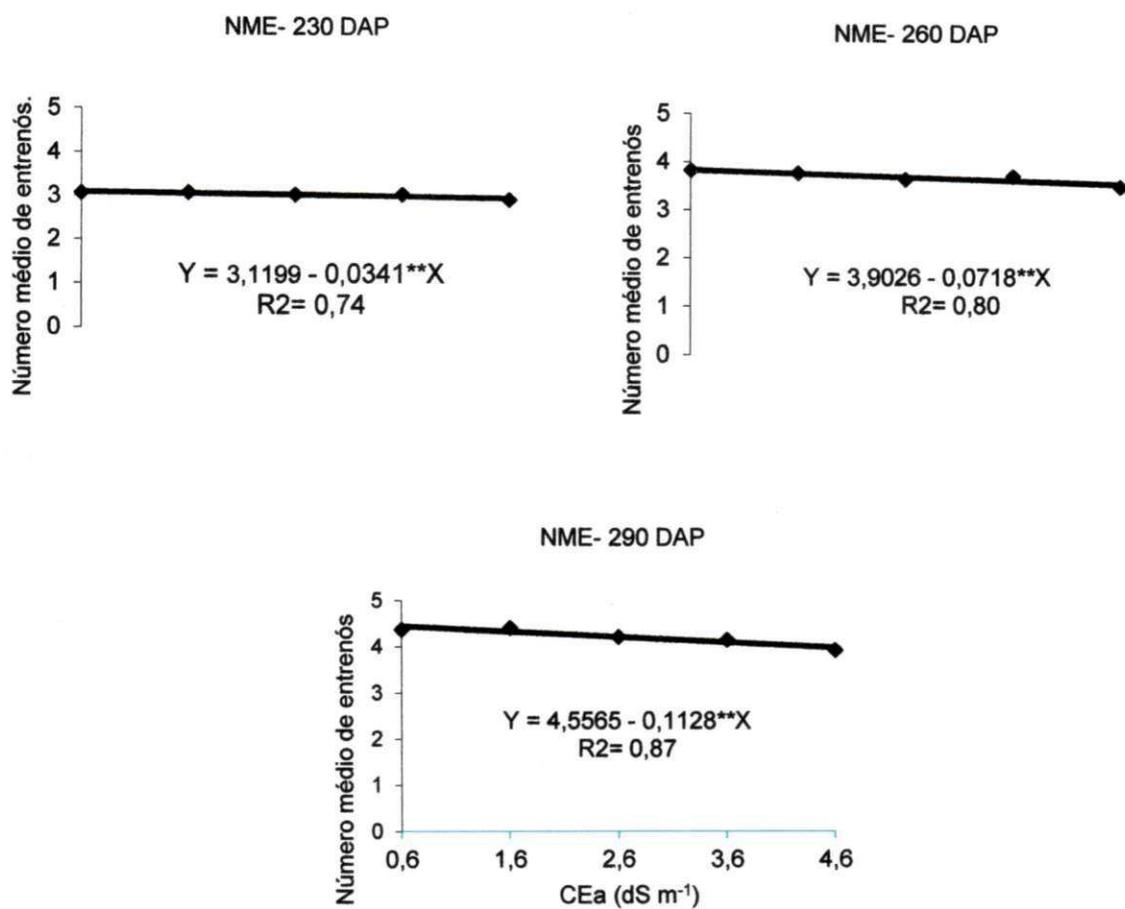


Figura 12 Número médio de entrenós em plantas submetidas a diferentes níveis de salinidade aos 230, 260 e 290 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

## 5.2 Variáveis fisiológicas

### 5.2.1. Trocas gasosas

O estresse salino, segundo vários autores (HASEGAWA et al., 2000; TESTER & DAVENPORT, 2003; EPSTEIN & BLOOM, 2006; MUNNS & TESTER, 2008) prejudica a fotossíntese por aumentar a resistência à difusão de CO<sub>2</sub> por meio de estômatos e mesófilo foliar, além de alterações no metabolismo fotossintético. Em geral, o fechamento estomático reduz a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (MUSYIMI et al., 2007; HASEGWA et al., 2000).

Os valores médios de condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) e fotossíntese (*A*) estão na Tabela 12. São médias provenientes de duas leituras por lisímetro; portanto, 8 leituras por tratamento, considerando-se as quatro repetições. Não foi feita análise estatística, pela variação ocorrida nas avaliações demorando entre 1h e 30 minutos e 2 horas entre o início e o final das leituras.

Em geral, constata-se diferença entre as épocas com maiores valores dos parâmetros fisiológicos aos 120 DAP, decrescendo em taxas superiores a 50% na avaliação realizada aos 300 DAP. Tal diferença pode ser explicada pela coincidência das últimas leituras (300 DAP) com um período mais quente (outubro) (Figura 2), forçando as plantas a fecharem os estômatos; neste período também foi menor a pluviosidade, embora tenham sido maiores as lâminas de água aplicada (Figura 5).

Tabela 10 Valores médios de condutância estomática (*gs*), taxa transpiratória (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*) e Taxa fotossintética (*A*), nas datas de 120 e 300 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande-PB, 2012

Época (DAP)	Cultivar	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>A</i>
120	SP813250	0,6	0,12	2,79	86,00	18,00
		1,6	0,15	3,71	58,80	22,68
		2,6	0,14	3,48	36,00	23,92
		3,6	0,15	2,76	36,50	23,40
		4,6	0,14	3,44	32,67	23,08
	RB92579	0,6	0,11	2,95	83,25	16,09
		1,6	0,15	3,45	38,88	22,97
		2,6	0,15	3,71	48,00	22,79
		3,6	0,13	3,34	42,00	24,56
		4,6	0,15	3,69	28,38	24,59
300	SP813250	0,6	0,04	0,87	183,50	3,93
		1,6	0,04	0,96	152,13	4,22
		2,6	0,03	0,69	144,13	3,36
		3,6	0,03	0,65	126,67	5,41
		4,6	0,02	0,47	124,50	2,90
	RB92579	0,6	0,05	0,98	151,25	4,97
		1,6	0,04	0,81	136,50	4,94
		2,6	0,03	0,73	129,75	4,08
		3,6	0,04	0,87	173,50	4,22
		4,6	0,04	0,80	185,75	3,75

Legenda: *Ci* = μmol mol<sup>-1</sup>, *E* = mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, *gs* = mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, *A* = CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

### 5.2.1.1. Condutância estomática (*gs*)

Aos 120 DAP houve tendência de aumento da condutância estomática nas plantas submetidas aos níveis de salinidade, em comparação com o tratamento testemunha (0,6 dS m<sup>-1</sup>), em ambas as cultivares. Isto significa que os estômatos das folhas das plantas estavam mais abertos ao serem irrigadas com água salinizada, com pouca variação entre os níveis de concentração de sais. A cana-de-açúcar é uma espécie C<sub>4</sub>, sendo uma das características dessas plantas a maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos, em condições de algum estresse (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Como tal fato não se repetiu aos 300 DAP, presume-se que na primeira avaliação (120 DAP) as plantas não estavam, ainda, sob estresse salino, embora estivessem sendo irrigadas com águas salinizadas, que havia se iniciado há

apenas 50 dias e, ao contrário, os sais as estimularam a abrir mais os estômatos, o que resultou em maior absorção de água e, conseqüentemente, maior transpiração (Tabela 10). Outro fato pode estar relacionado à coincidência com a fase de maior perfilhamento (120 DAP), podendo ter ocorrido diluição dos íons no interior das plantas, decorrente do maior número de perfilhos, com base em conhecimentos contidos em Garcia & Medina (2003) e em Santos et al. (2010).

Ainda com relação à diferença na magnitude dos dados entre as avaliações, ressalta-se que o maior perfilhamento é uma necessidade biológica das plantas (perpetuação da espécie), aumentando o número de plantas por touceira, mesmo em condições de algum fator de estresse enquanto na fase de colheita é menor a atividade fisiológica, por estarem em fase final de amadurecimento dos colmos. Tais conhecimentos são úteis para se entender os resultados obtidos.

Aos 300 DAP, fase de maturação das plantas, o número de perfilho é menor e já se estabilizou há mais de 100 dias, em comparação com o início do desenvolvimento da cana-de-açúcar (DIOLA & SANTOS, 2010); portanto, neste período volta a ser maior o efeito dos sais por ter cessado a diluição dos íons decorrente do aumento de perfilhos o que pode explicar a redução da condutância estomática. Ao final do ciclo, coincidindo com meses em que foram mais constantes as irrigações com águas salinizadas, correspondentes aos tratamentos, os sais devem se ter acumulado no solo, afetando as plantas pelo efeito osmótico dos íons diminuindo o potencial da água no solo e, em contrapartida, sua disponibilidade para as plantas. A redução da condutância estomática passa a ser uma estratégia da cana para evitar a desidratação das folhas, com base em conhecimento contido em Yordanov et al. (2003) e Inman-Bamber et al. (2005).

Pode-se observar também serem similares as reduções percentuais em cada cultivar para *gs*, entre os genótipos, além de serem menores as reduções, se comparadas com os decrementos encontrados na literatura para cana-de-açúcar, sob condições de estresse, como em trabalho realizado por Gonçalves et al. (2010), que reportam reduções de 74 a 60 % na *gs* em condições de estresse hídrico severo e até 64 % em condições de fornecimento de água entre 80-100 % da capacidade de água disponível.

#### **5.2.1.2. Taxa transpiratória (*E*)**

Os dados obtidos de transpiração (Tabela 10) tiveram a mesma tendência já discutida em condutância estomática, com valores mais altos na primeira avaliação; aos 120 DAP a transpiração foi menor no tratamento testemunha ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) ocorrendo o inverso aos 300 DAP, coerentes, portanto, com os dados de  $g_s$ .

Em geral, a taxa transpiratória foi maior na cultivar 'RB 92579'; na primeira avaliação os acréscimos, entre o primeiro e último tratamento (níveis de CEa) foram 18,90 % e 20,05 %, respectivamente, para os genótipos 'SP 813250' e 'RB 92579', com base nos valores de  $2,79$  a  $3,44 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $2,95$  a  $3,69 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Aos 300 DAP (Tabela 10) os valores de  $E$  decresceram para ambas as cultivares 'SP 813250' e 'RB 92579', com o aumento da salinidade, estimando-se decréscimos de 27,69 % em 'SP 813250' e 18,37 % em 'RB 92579'.

De acordo com Bezerra et al. (2003) o estresse osmótico, associado ao acúmulo total de sais no solo, reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, conseqüentemente, afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas. A salinidade é causada pelo excesso de íons na solução do solo, diminuindo o potencial osmótico da água no solo, podendo alcançar valores inferiores aos da planta, fazendo com que a água se transloque da planta para o solo levando-a ao déficit hídrico, o que é denominado seca fisiológica.

A estreita tendência entre  $g_s$  e  $E$ , em ambas as épocas de avaliação e segundo Gonçalves et al. (2010), é esperada tendo em vista a diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera e, conseqüentemente, da transpiração, à medida em que se fecham os estômatos. Machado et al. (2009) observaram, em seus estudos de déficit hídrico em cana-de-açúcar, em diferentes fases fenológicas, que a redução de  $g_s$  também causou decréscimo na transpiração ( $E$ ), nos genótipos estudados (IACSP 94-2094 e IACSP 96-2042) como consequência do déficit hídrico.

Gonçalves et al. (2010) constataram estudando a deficiência hídrica em quatro genótipos submetidos a três níveis de déficit hídrico, reduções na transpiração, com variação da transpiração entre as cultivares em função dos tratamentos, pois os valores de  $E$  não variaram na cultivar RB 98710; nas variedades 'SP79-1011', 'RB 72454' e 'RB 92579' as reduções da transpiração

foram mais pronunciadas sobretudo quando submetidas a estresse hídrico severo.

Ainda segundo esses autores interpretando valores mais altos de condutância estomática e de transpiração em plantas mais novas, como aconteceu neste trabalho (120 DAP) nas primeiras fases de crescimento da cana, as plantas são menores e têm número reduzido de folhas, sendo maior a radiação incidente sobre elas elevando, por conseguinte, a temperatura, o que as impulsiona a maiores taxas transpiratórias como forma de resfriamento foliar; outra explicação pode estar no maior crescimento das plantas, ao final do experimento, podendo passar por deficiência hídrica, mesmo que seja temporário, pois plantas com maior tamanho consomem mais água e devido a isto a quantidade de água fornecida talvez não tenha atendido às suas necessidades, ao consumo pela planta por um período curto de tempo o que pode ter ocorrido também no presente trabalho, como efeito de estresse hídrico, aliado aos sais, nos tratamentos com maior condutividade elétrica.

Aos 300 DAP, fase de maturação das plantas, em que o número de perfilhos é menor e estável em comparação com o início de crescimento da cana-de-açúcar (DIOLA & SANTOS, 2010), não há diluição dos efeitos tóxicos dos sais, o que pode resultar em menor abertura dos estômatos e consequente diminuição da transpiração. No segundo período pode ter ocorrido uma concentração maior de sais no solo, já que a drenagem foi menor, principalmente nos tratamentos com água de maior salinidade, o que levou as plantas a diminuírem sua transpiração. Segundo Dudy & Gilard (2000) os efeitos do estresse hídrico, provocados pela salinidade incluem mudanças fisiológicas como fechamento dos estômatos, redução das taxas fotossintéticas, acúmulo de moléculas orgânicas, alterações nos níveis de hormônios e mudanças na atuação de gens.

Analisando-se os dados de  $g_s$  e de  $E$ , constata-se similaridade entre os genótipos quanto à tolerância à salinidade, isto é, não se observaram grandes diferenças entre eles. De acordo com Bezerra et al. (2003) o estresse osmótico, associado ao acúmulo total de sais no solo, reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, conseqüentemente, afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas. Neste contexto uma explicação para a provável igualdade de tolerância das cultivares à salinidade, com menores reduções nas variáveis

citadas em relação aos valores reportados por Gonçalves et al. (2010), pode estar associada ao fato de ambas as cultivares serem tolerantes ao estresse hídrico, pois a 'SP813250' é citada por Dellabiglia et al. (2013) como tolerante à seca, o mesmo ocorrendo com a 'RB 92579', em trabalho realizado por Barbosa et al. (2003). Ressalte-se que uma das consequências da concentração de sais no solo é a redução do potencial hídrico diminuindo a absorção de água pelas plantas (TESTER & DAVENPORT, 2003; WAHID, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2009).

### 5.2.1.3 Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e Fotossíntese (A)

Inicialmente, é notória a diferença na concentração de CO<sub>2</sub>, entre as duas avaliações, isto é o inverso do que ocorreu em condutância estomática (Tabela 10). A alta concentração aos 300 DAP é sinal de que não houve fluxo do processo fotossintético não sendo, portanto, reduzido o carbono a compostos orgânicos (TAIZ & ZEIGER, 2009), por ser final do ciclo;. Interessante é que o fato aconteceu em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, em que a CEa era 0,6 dS m<sup>-1</sup>, não podendo ser interpretado como efeito do sódio ou de sais, em geral.

Como os dados de fotossíntese (A) estão na coluna seguinte, constata-se que o mesmo ocorreu com a fixação de CO<sub>2</sub> e formação de compostos orgânicos. Fica uma expectativa em relação à eficiência quântica do fotossistema, a ser discutida nos parâmetros de fluorescência.

A explicação possível para os dados obtidos aos 300 DAP está na coincidência com a fase final do ciclo da cana-de-açúcar, já em processo de amadurecimento, sendo menor a fotossíntese líquida necessária apenas para a manutenção do metabolismo das plantas; a seguir, a discussão passa a ser por época de avaliação.

Aos 120 DAP (Tabela 10) o carbono interno tendeu a decrescer com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação, em ambas as cultivares; os decréscimos entre a testemunha (0,6 dS m<sup>-1</sup>) e o tratamento com CEa de 4,6 dS m<sup>-1</sup> foram 62,01% em 'SP813250' (de 86,00 para 32,67 μmol mol<sup>-1</sup>) e 65,91% em 'RB9257' (83,25 a 28,38 μmol mol<sup>-1</sup>).

Aos 300 DAP a concentração de carbono entre as cultivares, variou de forma diferente decrescendo as médias na cv. 'SP 813250', com aumento da CEa e com tendência de aumento em 'RB 92579' com o aumento da salinidade da água de irrigação. Os valores para as duas cultivares variaram de 183,5 a 124,5 e de 151,25 a 185,75  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente, representando decréscimo de 32,15% e acréscimo de 18,57%.

Embora seja outra espécie, bem diferente, relatam-se dados obtidos por Musyimi et al. (2007) em abacateiro, pela peculiaridade de terem obtido grandes aumentos de  $C_i$ , em torno de 300%, em plantas sob condições de salinidade, com reflexos negativos em sua taxa fotossintética. Resultados similares foram verificados por Freire (2011) em maracujazeiro. Segundo Lucena (2009), as elevações na  $C_i$  do tecido foliar podem estar associadas à queda na atividade de enzimas do metabolismo do carbono, em razão da sensibilidade à acumulação de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas, resultando em fitotoxicidade.

Especificamente sobre a taxa fotossintética, aos 120 DAP a fotossíntese foi 34,57% maior em 'RB 92579', comparando-se a testemunha com o nível mais alto de CEa, enquanto na cultivar 'SP 813250' cresceu apenas 22,01%; aos 300 DAP (Tabela 10) foram pequenas as diferenças de  $A$ , entre ambas as cultivares.

Em estudo de trocas gasosas em cana-de-açúcar, Gonçalves et al. (2010) observaram decréscimo da taxa de fotossíntese líquida, entre as épocas de avaliação em função dos dias de exposição ao estresse hídrico. Nas plantas submetidas aos tratamentos de estresse moderado e estresse severo a redução foi de 49,53 e 78,34%, respectivamente, uma evidência de ter sido a taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  fortemente afetada pela deficiência hídrica. Nos tratamentos de estresse hídrico severo as taxas de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  atingiram valores inferiores a 5  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; quando não houve limitação hídrica a fotossíntese líquida permaneceu entre 19 e 24  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Neste trabalho, sendo estudados tratamentos de salinidade da água de irrigação, na avaliação aos 300 DAP, os valores de  $A$  foram próximos de 5  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e entre 16,09 e 24,59  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na avaliação realizada aos 120 DAP (Tabela 10).

A taxa fotossintética ( $A$ ) pode estar relacionada ou não ao movimento dos estômatos (REIS & CAMPOSTRINI, 2008). Dentre os de natureza estomática os autores relatam a relação com a condutância. Os maiores valores de  $A$ ,

registrados aos 120 DAP, corresponderam a dados mais altos de  $g_s$  e  $E$ , no mesmo período, observando-se a mesma relação na avaliação realizada aos 300 DAP, decrescendo os valores de  $g_s$  e  $E$  e, conseqüentemente, os de  $A$ .

A grandeza dos valores de fotossíntese é, também, relacionada a características genéticas de cada espécie visto que, de acordo com Ghannoum et al. (2003) estudando a tolerância ao estresse hídrico de quatro espécies de gramíneas C4 há redução de  $A$  com o aumento do estresse hídrico, no entanto, há casos de valores similares de  $A$  sob condições extremas de maior e menor disponibilidade hídrica, uma característica, de acordo com os autores, ligada ao genótipo.

### 5.2.2. Fluorescência

Segundo Maxwell & Johnson (2000) a eficiência quântica do fotossistema II, obtida a partir da fluorescência da clorofila *a* por meio da relação  $F_v/F_m$  por método não destrutivo, é útil para se avaliar o aproveitamento da energia incidente sobre o aparato fotossintético, estimando o nível de excitação dos elétrons no fotossistema; possibilita a obtenção de subsídios para se estimar a inibição ou o dano porventura existente, no processo de transferência de elétrons do fotossistema II.

Os dados do resumo da análise de variância para fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), aos 120 e 240 DAT, estão na Tabela 11. Não se detectou qualquer efeito significativo dos fatores em nenhum dos parâmetros. As médias estão expostas na Tabela 12.

No tocante à fluorescência inicial ( $F_0$ ) sua emissão representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II, antes de os elétrons migrarem para o centro de reação  $P_{680}$  (PSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (MATHIS & PALLOTIN, 1981). Portanto,  $F_0$  estima a perda fotoquímica inicial, que se espera não seja alta, isto é, não prejudique a eficiência do fotossistema. Neste trabalho, embora sem efeito significativo para salinidade, ocorreu tendência de decréscimo de  $F_0$  com o

aumento dos níveis de CEa, o que seria benéfico, quando acompanhado por aumento de Fm, tendência também observada nesta variável. Por esta interpretação, depreende-se não serem os dois genótipos sensíveis à salinidade.

Correia et al. (2009) verificaram, estudando variáveis de crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila *a*, em amendoimzeiro, sob condições de salinidade, não serem afetadas as variáveis  $F_0$ , Fm, Fv e Fv/Fm, por níveis de sais da água de irrigação de 0,4 a 6 dS m<sup>-1</sup>, segundo os autores, o fato de tais variáveis não terem diferido entre cultivares, pode ser um indicativo que os materiais testados são geneticamente muito próximos em relação à atividade fotoquímica.

O mesmo pode ter ocorrido neste trabalho em relação aos genótipos de cana, reforçando a possibilidade de serem materiais geneticamente muito próximos, o que é reforçado pelos valores dos diversos parâmetros de fluorescência, não significativos, registrados para o fator Cultivar (Tabelas 11 e 12).

Pelos resultados obtidos pode-se afirmar que as plantas não passaram por estresse, em ambas as datas de avaliação, detectável pela fluorescência do fotossistema II, sem injúrias; portanto, ao seu aparato fotossintético. Esta interpretação é reforçada pelos valores obtidos de Fv/Fm, pois, segundo Maxwell & Johnson (2000) valores de Fv/Fm inferiores a 0,75 indicam situação de estresse, como consequência de redução do potencial fotossintético da planta. De acordo com Bolhár-Nordenkampf et al. (1989) quando as plantas estão com seu aparelho fotossintético intacto, os valores de Fv/Fm variam entre 0,75 e 0,85.

Reportando-se à observação registrada no subitem 5.2.1.3, em que se alertava para uma análise melhor ao se estudar os parâmetros de fluorescência, fica patente não ter sido problema de danos ao aparato fotossintético mas da própria natureza biológica das plantas.

Gonçalves et al. (2010) verificaram estudando a relação Fv/Fm, em quatro cultivares de cana-de-açúcar, entre elas a 'RB 92579', não ser esse genótipo afetado na eficiência quântica (Fv/Fm), mesmo entre tratamentos com extremos de umidade do solo (20 e 80-100% da capacidade de campo); em outros genótipos ocorreu, inclusive, redução do percentual de clorofila *a* em suas plantas. De acordo com Silva et al. (2007) essa habilidade em manter valores

semelhantes de Fv/Fm sob estresse hídrico, pode indicar alta eficiência no uso da radiação, possivelmente pelas reações de fixação de carbono. No presente trabalho, no qual se utilizou a mesma variedade 'RB 92579', junto com a variedade 'SP 813250', o resultado da análise de variância para Fv/Fm aos 120 e 240 DAP não foi significativo (Tabela 11), como já mencionado; portanto, as médias não variaram significativamente com o aumento da salinidade e estão dispostas na Tabela 12, assemelhando-se ao ocorrido com o mencionado por Gonçalves et al. (2010). As médias variaram de 0,75 a 0,77 aos 120 DAP e de 0,77 a 0,79 aos 240 DAP, variação de 2,60 e 2,53 % ,respectivamente, para as duas épocas mencionadas.

Em estudos de estresse salino com duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB863129), Willadino et al. (2011) verificaram em ambos os genótipos aumento na fluorescência, em paralelo com à redução do teor de clorofila, à medida em que os níveis de salinidade aumentaram, indicando perturbação no processo fotossintético.

Na literatura se encontram, trabalhos relatando a redução do teor de clorofila, em função do incremento de salinidade, como constataram Silva et al. (2010), em pinhão-manso, e Freire (2011) em maracujazeiro. Em outras espécies, o incremento dos níveis de salinidade não afetou os parâmetros associados à emissão da fluorescência, como em *Anacardium occidentale* (CAVALCANTI et al., 2008) e *Vigna unguiculata*, com valores de Fv/Fm chegando a 0,85 (SOUZA et al., 2011).

Tabela 11 Resumo da análise de variância para os parâmetros de fluorescência: fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) durante o período experimental de 120 e 240 dias após plantio (DAP). UFCG, Campina Grande- PB, 2012

Época (DAP)	FV	GL	$F_0$	Quadrado Médio		
				$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
120	Cultivar (C)	1	1606,5563 <sup>NS</sup>	32832,9000 <sup>NS</sup>	2654,2926 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	485,1250 <sup>NS</sup>	12905,4531 <sup>NS</sup>	7184,1565 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>
	Reg. Linear	1	316,0125 <sup>NS</sup>	16995,0063 <sup>NS</sup>	1021,1634 <sup>NS</sup>	0,0009 <sup>NS</sup>
	Reg. Quadrática	1	725,2232 <sup>NS</sup>	2119,2902 <sup>NS</sup>	19790,9374 <sup>NS</sup>	0,0005 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000 <sup>**</sup>	0,0000 <sup>**</sup>	0,0000 <sup>*</sup>	0,0000 <sup>**</sup>
	Interação C x S	4	420,9313 <sup>NS</sup>	19372,1970 <sup>NS</sup>	19477,2108 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	1854,1563 <sup>*</sup>	22978,7167 <sup>NS</sup>	35146,5343 <sup>NS</sup>	0,0018 <sup>*</sup>
	Resíduo	27	522,735	30640,9944	18138,1049	0,0005
	CV(%)		6,63	11,65	11,38	2,93
240	Cultivar(C)	1	0,0563 <sup>NS</sup>	64722,0250 <sup>NS</sup>	50481,0250 <sup>NS</sup>	0,0003 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	92,9438 <sup>NS</sup>	6360,5219 <sup>NS</sup>	30144,1625 <sup>NS</sup>	0,0003 <sup>NS</sup>
	Reg. Linear	1	117,6125 <sup>NS</sup>	5636,4031 <sup>NS</sup>	80327,8125 <sup>NS</sup>	0,0008 <sup>NS</sup>
	Reg. Quadrática	1	116,0357 <sup>NS</sup>	1128,3951 <sup>NS</sup>	1930,5804 <sup>NS</sup>	0,00002 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	0,0000 <sup>**</sup>	0,0000 <sup>**</sup>	0,0000 <sup>*</sup>	0,0000 <sup>*</sup>
	Interação C x S	4	300,8688 <sup>NS</sup>	9916,8844 <sup>NS</sup>	2764,3375 <sup>NS</sup>	0,00004 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	689,9563 <sup>*</sup>	21756,1417 <sup>NS</sup>	35654,6417 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>
	Resíduo	27	220,734	10029,6185	15815,4009	0,0002
	CV(%)		4,64	6,7	10,43	1,78

Legenda - FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade, \* significativo a 5% e a \*\* 1%; <sup>NS</sup> não significativo,

Tabela 12 Valores das médias dos fatores para CEa e cultivar para as variáveis fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em plantas de cana-de-açúcar aos 120 e 240 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

Época	Salinidade	$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
120	0,6	352,1875	1476,9375	1213,3950	0,7544
	1,6	346,8750	1523,0000	1176,1250	0,7706
	2,6	344,5000	1517,5625	1173,6875	0,7718
	3,6	332,1250	1445,8750	1142,1875	0,7689
	4,6	339,6250	1546,6250	1212,50000	0,7716
	Cultivar				
	RB	338,7250 a	1473,3500 a	1175,4330 a	0,7662 a
	SP	351,4000 a	1530,6500 a	1191,7250 a	0,7687 a
<hr/>					
		$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
240	0,6	323,7500	1481,3125	1158,1250	0,7825
	1,6	321,5000	1459,5000	1136,7500	0,7748
	2,6	319,6875	1534,7500	1246,5000	0,7873
	3,6	314,6250	1492,0625	1199,1250	0,7904
	4,6	321,1250	1507,0000	1285,3750	0,7901
	Cultivar				
	RB	320,1000 a	1454,7000 a	1169,6500 a	0,7823 a
	SP	320,1750 a	1535,1500 a	1240,7000 a	0,7877 a

### 5.3. Produção de colmos (PRO)

O resumo da análise de variância dos dados de produção de colmos está na Tabela 13 e, na Figura 13, estão os modelos de regressão para o desdobramento dos fatores na interação, mesmo não sendo significativa, seguindo recomendações contidas em Perecin e Cargnelutti Filho (2008).

Tabela 13 Resumo da análise de variância com os dados de produção de colmos por touceira (PRO) por ocasião da colheita, em avaliação aos 318 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

DAP	Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio
			PRO
318	Cultivar (C)	1	1,1461 <sup>NS</sup>
	Salinidade (S)	4	22,3431 <sup>**</sup>
	Reg. Linear	1	88,9323 <sup>**</sup>
	Reg. Quadrática	1	0,0025 <sup>NS</sup>
	Desvio da Reg	2	1,5233 <sup>NS</sup>
	Interação C x S	4	2,4797 <sup>NS</sup>
	Bloco	3	5,6472 <sup>NS</sup>
	Residuo	27	1,6637
	Total	39	165,2233
	CV(%)		13,89

Legenda: \* significativo a 5% e a \*\* 1%; <sup>NS</sup> não significativo

No desdobramento da interação foram obtidas equações lineares significativas e distintas para os dois genótipos e, com base em seus componentes, observa-se que no tratamento testemunha ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), a 'SP 813250' superou a 'RB 92579' em 12,85 %, enquanto no nível mais alto de salinidade se deu o inverso, sendo a produção da RB 10,54 % maior. Na SP a queda foi de 10,4% por aumento unitário da CE da água de irrigação e na RB esse decréscimo foi 6,9%. Em termos de peso de colmos, na SP ocorreu redução de 1,35 kg por touceira, por incremento unitário da salinidade, sendo menor o decréscimo na cv. 'RB 92579', de apenas 0,76 kg.

Fica patente, portanto, a menor sensibilidade do genótipo RB à salinidade, nas condições em que foi conduzido este trabalho de cultivo em campo aberto, com suplementação hídrica com águas salinizadas, nos períodos de estiagem. Com base em critérios contidos em Fageria (1985), que classifica como tolerante à salinidade o genótipo cuja produção se reduz entre 0 e 20%, constata-se que a 'SP 813250' é tolerante até, aproximadamente  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , por decrescer a produção de colmos por touceira de 10,4%, por aumento unitário da CEa; até este valor de condutividade elétrica, portanto, pode ser utilizada água na irrigação da cana, sem maiores prejuízos em sua produção. Na 'RB92579' a tolerância sobe

para  $3 \text{ dS m}^{-1}$  pois o decréscimo foi 6,9%, por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Segundo Blackburn (1984) a salinidade limiar da cana-de-açúcar é de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  porém, quando a CEa chega a valores de 3,3, 6,0, 10,4 e  $18,6 \text{ dS m}^{-1}$ , as perdas são, respectivamente, de 10%, 25%, 50% e 100%. Por esses valores do citado autor um dos genótipos utilizados nesta pesquisa, a cv 'SP 813250', é menos tolerante.

Relacionando os dados de produção por touceira, com outras variáveis já discutidas constata-se que a cv. 'RB 92579' havia se destacado, também, em altura (Tabela 3) e diâmetro dos colmos (Tabela 8). Tais observações estão em consonância com os resultados encontrados por Silva et al. (2008), segundo os quais as plantas de cana-de-açúcar com maiores produções, em condições de déficit hídrico causado por seca, foram as que se destacaram, também, em atributos biométricos de colmos.

Vale lembrar que em número de perfilhos ao final do ciclo, a 'RB 92579' perdeu para a 'SP 813250' mas suplantou esta cultivar em peso de colmos, corroborando com as informações de Santana et al. (2010) ao observarem, em seu trabalho, haver uma relação negativa entre o número de colmos resultantes dos perfilhos estabelecidos, e o peso de colmos.

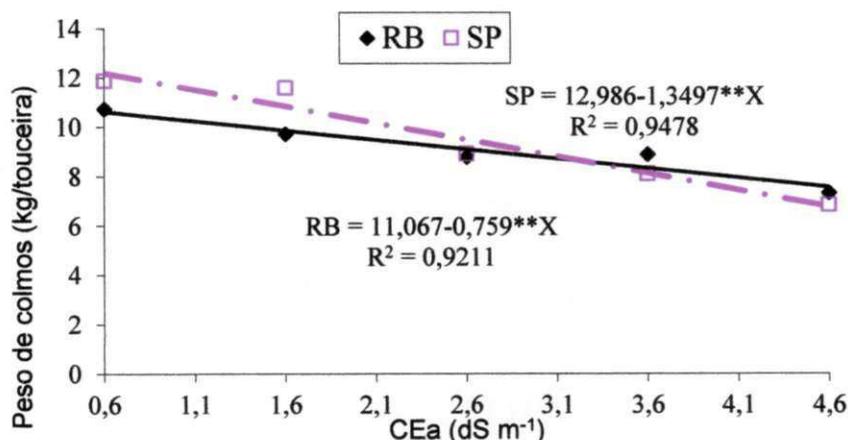


Figura 13 Produção média da cana-de-açúcar em termos de peso médio de colmos por touceira, sob diferentes níveis de salinidade por ocasião da colheita, aos 318 DAP. UFCG, Campina Grande, PB, 2012

## **6. CONCLUSÕES**

O perfilhamento é a variável menos indicada para estudos de avaliação da sensibilidade ao estresse salino em cana-de-açúcar.

O menor perfilhamento da 'RB 92579' é compensado pela maior altura e diâmetro do colmo, em comparação com 'SP 813250'.

Com o aumento da salinidade a redução da transpiração foi maior em 'SP 813250', ao final do ciclo.

Próximo à colheita reduz-se a atividade fisiológica, com decréscimo de todos os parâmetros de trocas gasosas, em ambas as cultivares, com exceção da concentração interna de carbono, que se acumulou nas folhas.

Na fase de maior perfilhamento aos 120 dias após plantio, a taxa fotossintética em 'RB 92579' é 35 % maior que em 'SP 813250'.

Os parâmetros de fluorescência não são afetados pela salinidade, em ambos os genótipos.

A cv. 'RB 92579' é mais tolerante à salinidade que a 'SP 813250'.

## 7. REFERÊNCIAS

- AESA. Agência executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba. **Banco de dados**, 2012
- ALVAREZ, R. ; WUTKE, A. C. P. ; ARRUDA, H. V.;VAN RAIJ, B. ; GOMES, A.C. ; ZINK F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. Adubação NPK em latossolo roxo. **Bragantia**,v. 50 n.2. p 359-374,1991.
- AYERS, R. S. Quality of water for irrigation. **Journal Irrigation and Drainage Div.** n.103, p.135-154, 1977.
- BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA,SANTOS, A. V. P.; A. M. C.; RIBEIRO, C.A.G.; BARRETO, E. J. S. MOURA FILHO, G.; SOUZA, J. L. FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Rio Largo: UFAL/ CECA/PMGCA; Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2003. 18p.:il (Boletim Técnico, n. 2 ).
- BARROS , M. F. C.; FONTES, M,P. F.; Alvarez V.V.H, Ruiz H.A . Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.8 ,n.1 ,p. 59-64,. 2004.
- BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMESFILHO,E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 47, p. 149-152, 2003.
- Blackburn F. **Sugarcane**. Longman. London, UK.1984. p.47-52.
- BRANDÃO, A. **Cana-de-açúcar: álcool e açúcar na história e no desenvolvimento social do Brasil**. 1.ed .Brasília: Horizonte editora, 1985.269p
- BOLHÀR- NORDENKAMPF, H. R., LONG, S. P., BAKER, N. R., ÖQUIST, G., SCHREIBER, U., LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3,n.4, p. 497 - 514. 1989.

- CAPONE, A.; LUI, J.J.; SILVA, T. R.; DIAS, M. A. R.; MELO, A. V. Avaliação do comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar na região sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 2, n.3: p. 70-78, 2011.
- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G. Fisiologia do Cajueiro Anão precoce submetido à estresse hídrico em fases fenológicas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 42-53 - 2008.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- CHHABRA, R. **Soil salinity and water quality**. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers, 1996. 283p.
- CIDADE, D. A. P.; GARCIA, R. O.; DUARTE A. C.; SACHETTO-MARTINS, G.; MANSUR, E. Morfogênese in vitro de variedades brasileira de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.3 p. 385-391, 2006.
- COPERSUCAR. **Cooperativa de produtores de cana-de-açúcar e álcool do estado de São Paulo Ltda**. Boletim Técnico Copersucar: Edição Especial. São Paulo, 1995. 24p.
- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. N.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 4, p. 514 – 521, 2009.
- COSTA, C.T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDES, L.; FERREIRA, D. T. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.56-63, 2011.
- DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; FARIAS, C. H. A. **Fenologia da planta cana-de-açúcar**. IN: Curso de especialização em gestão na indústria sucroalcooleira. Sistema produtivo da cana-de-açúcar. Campina Grande, PB, 2010. Cap. 3, p 21-38.
- DELGADO, A. A.; AZEREDO CÉSAR, M. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Vol. II. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeito dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados. Fortaleza-CE: INCTSal, 2010. Cap. 9, p.130-141.

- DIOLA, V.; SANTOS, F. **Fase de cultivo**. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. Bioenergia, açúcar e álcool-tecnologia e perspectivas. Viçosa, MG, 2010. Cap. 2, p 25-49.
- 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**. Disponível: [www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/.../RE10310.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/.../RE10310.pdf). Acesso em 20 /fev/ 2013.
- DUDY, B. Z; GILARD, A. Studies of salt stress-and water stress – regulated genes: The stress-regulated asrl gene encodes a DNA – binding protein. In: Smallwood, C.M. DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A.C.; MAGALÃES, P. C.; MARTINEZ, L. A.. Detecção de condições de estresse em plantas e potencial para screening em milho através da fluorescência da clorofila In: Reunião Técnica Anual do Sorgo, 28, Reunião Técnica Anual do Milho, 45, 2000, Pelotas, RS. **Anais**. Pelotas. Embrapa de Clima Temperado, 2000p 510-516. CD ROM.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Edição Trad.. Londrina: Editora Planta. 2006.392p.
- ERRABII, T.; GANDONOU, C.B.; ESSALMANI, H.; ABRINI, J.; IDAOMAR, M.; SKALI-SENHAJI, N. Growth, proline and ion accumulation in sugarcane callus cultures under drought induced osmotic stress and its subsequent relief. **African Journal of Biotechnology**, v.5, p.1488-1493, 2006.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, n.2 p.237-243, 1985.
- FAGEIRA, N. k. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília EMBRAPA/DPU, 1989.425p. (EMBRAPA – CNPAF. documentos, 18 )
- FALCO, M. C.; TULMANN NETO, A.; ULIAN, E. C. Transformation and expression of a gene for herbicide resistance in Brazilian sugarcane. **Plant Cell Reports**, v. 19, p. 1188-1194, 2000.
- FAO. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- FARIAS, C. H. A.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D.; GHEIY, H.R. Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes níveis de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.45-55, outubro/dezembro 2007.
- FERNANDES JÚNIOR, A.R.; GANEM JÚNIOR, E.J.; MARCHETTI, L.B.L.; URASHIMA, A. S. Avaliação de diferentes tratamentos térmicos no controle do raquitismo-da-soqueira em cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n.1,p. 60-64,2010.

- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.
- FREIRE, J. L. O. **Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura**. Areia. 2011. 185f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba. . Areia. 2011.
- GALVÃO, L. S. FORMAGGIO, A. R. TISOT, D. A. Discriminação de variedades de cana-de-açúcar com dados hiperespectrais do sensor Hyperion/eo-1. **Revista Brasileira de Cartografia**, N 57/01,p. 7-14, 2005.
- GARCÍA, M. MEDINA, E. Crecimiento y morfología radical en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) sometidos a salinización con sales simples o suplementadas con cálcio. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.27,n.1, p. 17-38, 2010.
- GARCÍA, M.; MEDINA, E. Crecimiento y acumulación de prolina en dos genotipos de caña de azúcar sometidos a salinización con cloruro de sódio. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.20, p.168-179, 2003.
- GASCHO, G.J.; SHIH. S.F. **Sugarcane**. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. Crop-water relations. New York: John Wiley. 1983. 547p.
- Ghannoum, O.; Conroy, J. P.; Driscoll, S. P.; Paul, M. J.; Foyer, C. H.; Lawlor, D. W. Nonstomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C4 grasses. **New Phytologist**, v.159, n. 3, p.599-608,2003.
- GOMES, I. A.; DANTAS, C.S; MARQUES, M. F.; MACEDO, C. E. C. Resposta de calos embriogênicos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) a diferentes concentrações de cloreto de sódio. **Plant Cell Cult. Micropropag.**, v.5, n.2, p. 94-100, 2009.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V. ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.4, p. 378–386, 2010.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Molecular Biology**, New York.v. 51, p. 463 – 499, 2000.
- HENRY, J.L.; JOHNSON, W.E. **The nature and management of salt-affected soils in Saskatchewan**. Saskatoon. University of Saskatchewan, 1977.26p.
- HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, v.17, n.5,p.32-34, 1999.

- HUSSAIN, A.; KHAN, Z. I. ; ASHRAF, M.; RASHID, M. H.; AKHTAR, S. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and COJ-84. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.1, p.188-191, 2004.
- INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SMITH, D.M.; THORBURN, P.J. Sugarcane physiology: integrating from cell to crop to advance sugarcane production. **Field Crops Research**, v.92, p.115-117, 2005.
- KURBAN, H., SANEDKA, H., NEHIRA, K., ADILLA, R., FUJITA, K. Effect of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic solutes in the leguminous plants *Alhagipseudoalhagi* and *Vigna radiata*. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.44, p.589-97, 1998.
- LACERDA, F.; FERREIRA, M. A. F.; SOUZA, W. M. **Climas do Estado de Pernambuco**. In: Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco. Secretaria de Ciencia Tecnologia e Meio Ambiente. Recife, 2006. 104p.
- LANDELL, M.G.A; SOUZA, S.A.C.D.; PINTO, L.P.; VASCONCELOS, A.C.M. **Melhoramento genético e biotecnologia**. Relatório Final do Workshop Tecnológico. Cordeirópolis, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2007, 81p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP. Ed. Rima Arts e Textos, 531 p, 2000.
- LIETH, H. 1974. Purpose of a phenology book. In Phenology and seasonality modeling. (H. Lieth, ed.). Springer, Berlin, p.3-19.
- LINGLE, S., R. WIEDENFELD Y J. IRVINE. Sugar cane response to saline irrigation water. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23,n.4, p.469-486, 2000.
- LMRS/PB. **Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba**. 2007.
- LUCENA, C. C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas a estresse salino**. Viçosa: UFV, 2009. 178p. Dissertação Mestrado.
- Machado, R. S.; Ribeiro, R. V.; Marchiori, Paulo E. R.; Machado, D. F. S. P.; Machado, E. C.; Landell, Marcos G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa. agropecuária**, v.44, n.12, p.1575-1582, dez. 2009.
- MAGALHÃES, V. R. **Influências de doses de vinhaça nas características agrônomicas de variedades de cana-de-açúcar, canaplanta e atributos químicos do solo**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

- MARCUM, K.B. Salinity tolerance of 35 bentgrass cultivars. **Hortscience**, v.36, n.2, p.374-376, 2001.
- Marinho, F. J. L.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Ferreira Neto, M. Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.370-374, 2005.
- MATHIS, P.; PALLOTIN, G. **Primary process of photosynthesis**. In: HATCH, M.D.; BOARDMAN, N. K. (Ed.). *The biochemistry of plants*. New York: Academic Press, 1981. p.97-161.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n.345,p. 659-668, 2000.
- MEDEIROS, P.R.F.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S. N. **Salinidade em ambiente protegido**. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados. Fortaleza-CE: INCTSal, 2010. Cap. 6, p 84-92.
- MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A. M. P.; TINÓCO, L.B.M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande- PB : INSA, 2012, 103p.
- MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.
- MUSYIMI, D. M.; NETONDO, G. W.; OUMA, G. Effects of salinity on gas exchange and nutrients uptake in avocados. **Journal of Biological Sciences**, v.7, n.3, p.496 – 505, 2007.
- NADIAN, H.; NATEGHZADEH, B.; JAFARI, S. Effects of salinity and nitrogen fertilizer on some quantity and quality parameters of sugar cane (*Saccharum* sp.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.10, n.1, p 470-474, 2012.
- NOGUEIRA, G. **Uso de Variedades por Produtores de Cana Independentes**. Disponível em: [stab.org.br/impurezas/04.pdf](http://stab.org.br/impurezas/04.pdf) . Acesso: 18 /04 / 2013.
- OCA, P. M.; MATA, R.; CHAVES, M. A. Respuestas de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp* ) a tres concentraciones de sal en um vertisol de guanacaste. **Agronomía Costarricense**, v. 20,n.2; p 135-140, 1996.
- OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F.; VIANNA, E. J. Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Tropicana – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n.1, p 56, 2011.

- OLIVEIRA, F. A. *et al.* Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 04, n. 02, p.149-155, 2009.
- OLIVEIRA, R. A.; DARO, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; Ido, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. ; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 37,n.2, p 71-76., 2007
- PATADE, V. Y.; SUPRASANNA, P.; BAPAT, V. A. Effects of salt stress on relation to osmotic adjustment on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) callus cultures. **Plant Growth Regulation**, v. 55, p. 169-173, 2008.
- PAULA, A. L. de. **Desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar em ambiente protegido sob diferentes níveis freáticos**. 2008, 149 p. Dissertação (Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Comparisonwise and experimentwise effects in factorial experiments interactions**. *Ciência Agrotécnica*, v.32, p.68-72, 2008.
- RAVANELI, G.C.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R. Efeitos do desponte e das épocas de colheita sobre parâmetros tecnológicos em cana-de-açúcar. **Científica**, v.32, n.2, p.185-190, 2004.
- REIS, F. G.; Campostrini, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. **Bragantia** v.67 n.4 , p. 815-822, 2008.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).
- RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 1995. 101p.
- ROZEFF, N. Sugarcane and Salinity - A Review Paper. **Sugarcane**, n.5, p.8-19. 1995.
- SALES, J.L.; COSTA, R.N.T.; HERNANDEZ, F.F.F. Análise de desempenho de um sistema de drenagem subterrânea na cultura da videira no município de Jaguaruana, CE. **Irriga**, v.9,n.1, p.166-180, 2004.

- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M.; ALVES, G. D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.19 p.269-279, 1995.
- SANTANA, M. J. CARVALHO, J. A. SOUZA, K. J. SOUSA, A. M. G. VASCONCELOS, C. L. ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1470-1476, 2007.
- SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, F. J.; Melo, L. J. O. T. Correlações genéticas em alguns clones RB e em variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.460-467, 2010.
- SANTOS, J.G.R. **A Salinidade na agricultura irrigada: Teoria e Prática**. Campina Grande: 2000. 171 p.
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V.; Pinto, A. S.; Jendiroba, E. Nóbrega, J. C. M. (org.) Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.
- SILVA, E.N.; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. 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, I. P.; SILVA, J. A. A. **Métodos estatísticos aplicados à pesquisa científica: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária**. Recife: 1999. 305 p.
- SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G. da; Sharma, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.3, p.193-201, 2007.
- Silva, M. A.; Silva, J. A. G.; Enciso, J.; Sharma, V.; Jifon, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agricola**, v.65, n.6, p.620-627, 2008.
- SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S. CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S.B. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.3, p.500-509, 2012.
- SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Recife:UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 28p
- SOUZA, A. E. R.; OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; MELO FILHO, P. A.; Melo, L. J.O. T.; TABOSA, J. N. Seleção de famílias RB visando à alta

- produtividade e precocidade na maturação em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.70, n.4, p.788-795, 2011.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RAFAEL, V. R. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p.586-592, 2011.
- TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª Ed, Porto Alegre: ArtMed, 2009.828p.
- TESTER M.; DAVENPORT, R.J. Na<sup>+</sup> transport and Na<sup>+</sup> tolerance in higher plants. **Ann. Bot.**, v.91,n.5, p.503–527, 2003.
- TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v.137, n.3, p.791–793, 2005.
- WAHID, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v.45, n.2, p.133- 141, 2004.
- WANG, L., SHOWALTER, A.M., UNGAR, I.A. Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (*Cheonopodiaceae*). **American Journal of Botany**, v.84, n.9, p.1247-1255, 1997.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v.11, n.41, p.41-77, 1947.
- WILLADINO, L.; MARTINS, M. H. B.; CAMARA, T. R.; ANDRADE, ANDRADE, A. G.; ALVES, G. D. Respostas de genótipos de milho ao estresse salino em condições hidropônicas. **Scientia Agricola**, v. 56, n.4, p 1209 – 1213, 1999.
- WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA JUNIOR, E. A.; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T.R. 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.
- YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Journal of Plant Physiology**, special issue, p.187-206, 2003.