



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR (CANA-SOCA) SOB  
CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO**

RECIFE

2019

**LÍVIA MARIA CAVALCANTE SILVA**

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR (CANA-SOCA) SOB  
CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como parte dos requisitos do curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, sob orientação do Prof. Dr Ênio Farias de França e Silva, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

RECIFE

2019

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

---

S586su Silva, Livia Maria Cavalcante  
Uso de águas de qualidade inferior na produção de cana no Estado de Pernambuco: Avaliação  
morfológica da cana-de-açúcar (cana-soca) sob condições de estresse salino / Livia Maria Cavalcante  
Silva. - 2019.  
34 f. : il.

Orientador: Enio Farias de Franca e  
Silva. Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, 2019.

1. Saccharum spp.. 2. Biometria. 3. Estresse Salino. 4. Produtividade. I. Silva, Enio Farias de  
Franca e, orient. II. Título

## SUMÁRIO

<b>1. IDENTIFICAÇÃO</b> .....	3
<b>2. TÍTULO DO PROJETO:</b> .....	3
<b>3. TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO:</b> .....	3
<b>4. RESUMO</b> .....	4
<b>5. INTRODUÇÃO</b> .....	5
5.1 Cana-de-açúcar .....	5
5.2 Importância socioeconômica .....	5
5.3. Aspectos agronômicos, fenológicos e fisiológicos.....	6
5.4. Condições climáticas ideais de cultivo.....	8
5.5. Intrusão salina em regiões costeiras .....	8
5.6. Salinidade e cana-de-açúcar .....	9
5.7. Importância das medidas biométricas .....	10
<b>6. OBJETIVOS</b> .....	11
6.1 Geral .....	11
6.2 Específicos .....	11
<b>7. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
7.1 Caracterização do local .....	11
7.2 Caracterização da área e das unidades experimentais .....	12
7.3 Características do solo e adubação .....	13
7.3.1 Caracterização físico-química .....	13
7.3.2 Adubação.....	14
7.5 Delineamento experimental e tratamentos .....	14
7.6 Sistema de irrigação .....	15
7.7 Manejo da irrigação.....	15
7.8 Variáveis analisadas: .....	16
7.8.1 Medidas de crescimento .....	16
7.8.2 Medida de superfície .....	17
7.9 Análise estatística.....	18
<b>8. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>9. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO</b> .....	25
<b>10. CONCLUSÕES</b> .....	25
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA</b> .....	33
<b>13. PARECER DO ORIENTADOR</b> .....	34

## **1. IDENTIFICAÇÃO**

ALUNO (A): Lívia Maria Cavalcante Silva

CURSO: Engenharia Agrícola e Ambiental

PROGRAMA: ( ) **PIBIC** (X) **PIC** ( ) **PIBIC-EM**

ORIENTADOR (A): Ênio Farias de França e Silva

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: Engenharia Agrícola

RELATÓRIO: ( ) PARCIAL (X) FINAL

## **2. TÍTULO DO PROJETO:**

Uso de águas de qualidade inferior na produção de cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco

## **3. TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO:**

Avaliação morfológica da cana-de-açúcar (cana-soca) sob condições de estresse salino

#### 4. RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma cultura de grande importância econômica, social e ambiental. O Brasil é o maior produtor mundial desta cultura e se destaca na comercialização e exportação de açúcar e etanol. No entanto, estresses abióticos alteram negativamente o desenvolvimento das plantas, entre eles, a salinização do solo que pode ocasionar a redução do crescimento e produtividade, devido a isto, objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a morfologia da cana-soca. O experimento foi realizado na Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife. A área do experimental possui 40 lisímetros de drenagem onde foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento (vazão unitária 4,1 L h<sup>-1</sup>). Foi analisada a variedade RB92579 no segundo ciclo de cultivo (cana-soca), plantada com espaçamento de 1,2 x 0,15 m. Aos 60 dias após o corte (DAC) da cana-planta iniciou-se a aplicação dos tratamentos constituídos por cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE<sub>a</sub>: 0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dS m<sup>-1</sup>) e duas frações de lixiviação (FL: 0 e 0,17). Os níveis salinos foram obtidos pela adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub> a de distribuição local (0,5 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Aos 60 DAC iniciou-se a coleta de dados biométricos: altura do colmo, diâmetro do colmo, número de perfilhos, número de folhas verdes e secas, comprimento e largura da folha +3. Além disso, estimada a área foliar e o índice de área foliar. A altura e diâmetro do colmo, número de perfilhos, área foliar e índice de área foliar foram afetados de forma negativa pelos níveis salinos promovendo uma diminuição dos valores em todas as datas de análises. A fração de lixiviação de 0,17 apresentou a capacidade de reduzir os efeitos deletérios dos sais sobre as plantas.

## 5. INTRODUÇÃO

### 5.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), é uma planta alógama, de ciclo semiperene e elevada rusticidade originária do sudeste Asiático, onde o clima tem como características temperaturas elevadas e alta umidade relativa do ar e existia no estado de planta silvestre ou ornamental (MATSUOKA et al., 2005). A cultura se desenvolveu no Brasil com a instalação de engenhos e cultivo das mudas trazidas pelos portugueses por volta de 1530 e, atualmente, tem sido cultivada em escala comercial em diversas regiões, resultando em grande diversidade de condições edafoclimáticas, que ocasionam variabilidade na adaptação dos cultivares (QUEIROZ, 2006; GERONIMO, 2014; COSTA, 2015).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Cyperale, família Poaceae, tribo Andropogoneae, subtribo Saccharininae e gênero *Saccharum*, de acordo com a classificação botânica descrita por Cronquist (1981). De acordo com Jadoski et al. (2011) trata-se de uma planta de reprodução sexuada, no entanto, quando cultivada comercialmente é multiplicada assexuadamente, por propagação vegetativa.

### 5.2 Importância socioeconômica

Segundo Carlin (2008), a cana-de-açúcar tem sido cultivada no Brasil desde o século XVI. Ainda de acordo com o autor, esta cultura possui um grande armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos, tornando-a de extrema importância comercial. Atualmente, é de grande relevância econômica, social e ambiental, se destaca pela sua grande influência no agronegócio brasileiro uma vez que, além das grandes áreas plantadas e produção industrial em larga escala de açúcar, etanol e subprodutos, vem sendo conhecida e utilizada como uma cultura que causa menor impacto ambiental, sendo importante fonte de energia renovável e responsável por grande parte dos biocombustíveis utilizados no mundo, aspecto relevante quanto à questão de sustentabilidade ambiental, e, ainda, pelo aproveitamento de seus resíduos, como a vinhaça, torta de filtro e bagaço.

O crescimento da demanda nacional e mundial por álcool combustível tem provocado um aumento significativo do número de usinas pelas diversas regiões brasileiras. O setor sucroalcooleiro é um dos mais importantes também na geração de emprego e renda no meio

rural brasileiro. Estima-se que o setor seja responsável por cerca de 1,18 milhões de trabalhadores diretos e indiretos no país, gerando 4,1% das exportações e contribui com aproximadamente 8% do Produto Interno Bruto agrícola (CARVALHO et al., 2008; LIRA, 2016).

O seu cultivo tem o potencial de minimizar os problemas da utilização de energias renováveis, tanto pela alta eficiência de fixação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pela cultura, devido à alta afinidade pela enzima; quanto por meio da produção do álcool, combustível que emite menor quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, se comparado aos combustíveis sintetizados a partir do petróleo (BERMANN, 2008; GERONIMO, 2014).

### **5.3. Aspectos agronômicos, fenológicos e fisiológicos**

A cana-de-açúcar é denominada cana planta até sua primeira colheita, com período de crescimento em torno de 12 ou 18 meses, dependendo da época de plantio. Após a primeira colheita a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. As rebrotas da cana sofrem cerca de 4 a 5 cortes quando então a lavoura é renovada com uma cana de ano ou de ano e meio. O espaço, onde está inserida a cultura, é que determina as alterações na fase da planta em função da ação do ambiente. De acordo com sua fenologia, as principais fases de desenvolvimento são: 1 - brotação (o crescimento é lento e a ocorrência da brotação é em 20 a 30 dias); 2- perfilhamento (inicia em torno de 40 dias após o plantio e pode durar até 120 dias; 3- crescimento dos colmos (a partir dos 120 após o plantio (ou corte) e dura por até 270 dias, sendo o estágio mais importante do cultivo, pois é quando se acumulam aproximadamente 75% da matéria seca total) e 4- maturação (quando ocorrem reduções nas taxas de crescimento da planta e aumento no acúmulo de sacarose nos colmos, tendo início de 270 a 360 dias após o plantio e podendo se prolongar por até 6 meses) (RUDORFF, 1995; DIOLA & SANTOS, 2010).

Segundo Quintela (1996) a qualidade no plantio da cana-de-açúcar pode influenciar em alguns aspectos agronômicos da cultura dentre os quais tem maior destaque a brotação e o perfilhamento. Prado (1988) afirma que se uma boa brotação é uma base boa, o perfilhamento é o passo primordial, pois ele fornece o número de colmos apropriados para uma boa produção. Antes do plantio deve-se fazer um levantamento topográfico, dividindo-se a área em talhões e também é necessário fazer análise do solo, a fim de determinar a necessidade ou não de correção e adubação.



De acordo com Ripoli & Ripoli (2010) deve-se ainda: planejar a variedade que será cultivada, a época do plantio, a definição do espaçamento, visando diminuir a competição da cultura com as plantas daninhas. Os mesmos autores afirmam que, em áreas onde a colheita será realizada com máquinas, aconselha-se utilizar espaçamentos de 1,5 m, para evitar pisoteio da soqueira pelas colhedoras. É importante também o planejamento da profundidade do sulco, no qual, o ideal é entre 20 e 30 cm, com a sobreposição de 5 a 8 cm de terra sobre o rebolo, no fundo do sulco.

A brotação, a emergência e o crescimento das plantas também são influenciados pelas mudanças físico-químicas no ambiente de produção. Este fato torna-se mais importante, quando se considera que as variedades de cana-de-açúcar disponíveis atualmente foram desenvolvidas em sistema de cana queimada, de modo que cada variedade pode apresentar resposta diferente quanto à adaptabilidade às mudanças, não apenas em aspectos físicos, mas também quanto às particularidades do manejo (SOUZA et al., 2005; AQUINO & MEDINA, 2014).

As principais características dessa família são a forma da inflorescência em forma de espiga (panícula), o crescimento do caule em colmos, as folhas com lâminas (limbo) de sílica em suas bordas, bainhas abertas e as raízes fasciculadas (MARAFON, 2012). A cana-de-açúcar desenvolve-se em forma de touceira, com a formação de perfilhos. A parte aérea da planta é composta por colmos (material de maior interesse econômico), que são segmentados em nós e entrenós, onde está localizada a inserção foliar.

É uma planta que possui aparato fotossintético C<sub>4</sub>, tolerante a altas temperaturas e com grande eficiência na conversão de energia radiante em energia química (primeiro composto orgânico formado da fotossíntese é uma molécula de quatro carbonos que pode ser malato ou aspartato). A cana-de-açúcar apresenta alta taxa fotossintética e eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> (gás carbônico), é adaptada à alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que a cultura necessita de grandes quantidades de água para suprir suas necessidades hídricas, uma vez que somente cerca de 30% de sua massa total é representada pela matéria seca e, 70% pela água, dependendo do estágio fenológico. Os processos de bioconversão de energia na cana-de-açúcar são mais efetivamente afetados pelos seguintes parâmetros ambientais: luz (intensidade e quantidade), concentração de CO<sub>2</sub>, disponibilidade de água, nutrientes e temperatura. Em regiões com altas temperaturas, como o nordeste brasileiro, a adoção de irrigação, condicionará um ambiente propício ao cultivo da cana-de-açúcar (MARAFON, 2012; COSTA, 2015).

#### **5.4. Condições climáticas ideais de cultivo**

A cana-de-açúcar é uma cultura bem adaptada às condições tropicais e subtropicais, caracterizadas por alta disponibilidade de água e de radiação. Semelhante às outras culturas agrícolas, o sistema de produção pode ser afetado por fatores relacionados à planta (cultivares, tipo de ciclo), ao solo (tipo, fertilidade), as práticas culturais (época de plantio, densidade de plantio, rotação de cultura) e especialmente ao clima (temperatura, radiação, precipitação) (SILVA, 2009; MARAFON, 2012).

A água é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de qualquer espécie e cuja sua falta, caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LOPES et al., 2011; LIRA, 2016). Tendo em vista que as precipitações pluviométricas são irregulares no espaço e no tempo, a irrigação surgiu na agricultura para suprir essa desigualdade hídrica e aumentar a produção de alimentos. No entanto, as águas para irrigação devem ser em quantidade e qualidade adequada aos cultivos, é necessário o controle rigoroso da umidade do solo e/ou da evapotranspiração durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto, é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima, para determinar o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada (LIRA et al., 2018).

#### **5.5. Intrusão salina em regiões costeiras**

Segundo Souza et al (2012), a produtividade da cana-de-açúcar varia em função de diversos fatores, dentre os quais a água é um dos que mais contribuem para se ter altos rendimentos. Entretanto, devido a distribuição irregular da precipitação faz-se necessário o uso da irrigação. As águas utilizadas para irrigação normalmente são de origem superficial ou subterrânea armazenadas, sendo que todas elas advêm de chuvas, que vão incorporando as substâncias que dissolve ou arrasta dos solos pelos quais, escorrem ou infiltram, essas águas apresentam características muito diversas, dependendo de sua procedência e do grau de contaminação alcançado antes do uso (ALMEIDA, 2010; LIRA, 2016).

De acordo com Montenegro et al (2009), a questão da intrusão marinha em aquíferos costeiros afeta grande parte das cidades litorâneas do mundo que utilizam água subterrânea para abastecimento. Em geral, para os aquíferos costeiros, uma das causas mais presentes de salinização encontra-se na exploração destes, principalmente quando esta retirada é feita a

descoberto, ou seja, com valores maiores do que a reposição natural (e até mesmo artificial – em dias atuais) há uma redução nas cargas hidráulicas de água doce, o que pode por em risco a reserva de água do aquífero (COSTA SOBRINHO, 2014).

Segundo Munns & Tester (2008), devido à expansão das áreas salinizadas em todo o mundo, o estresse salino tem se tornado um fator limitante das culturas agrícolas, em geral. Grande parte da produção do Nordeste ocorre em áreas litorâneas e devido a constante utilização da água de poços costeiro pode ocorrer o deslocamento da água do mar para as águas até então não salinas, tornando-as salinizadas. Em regiões áridas e semiáridas, esse problema pode ser agravado por outros estresses ambientais, incluindo baixa disponibilidade de água, altas temperaturas e elevada evapotranspiração (VIÉGAS et al., 2001). A acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola (SANTANA et al., 2007). A utilização de águas salobras ou salinas na agricultura podem provocar a salinização dos solos e promover sérios prejuízos a produção agrícola. (ANDRADE et al., 2015)

## **5.6. Salinidade e cana-de-açúcar**

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal. Segundo Medeiros & Gheyi (2001) a irrigação é apontada como a principal causa da salinização das áreas afetadas, normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta.

O estresse salino é um dos mais importantes estresses abióticos limitantes ao crescimento e produtividade das culturas. A resposta das plantas à salinidade acontece em duas fases distintas. A primeira fase é rápida, pois ocorre imediatamente após o contato com a salinidade, chamada fase osmótica, em que o sal atinge as raízes diminuindo o potencial osmótico da relação solo-planta, com consequente redução do crescimento da parte aérea pela falta de água. A segunda fase, que ocorre lentamente, é a fase iônica, quando o sal atinge a parte aérea da planta em altas concentrações causando toxicidade pela absorção de íons tóxicos, como o  $\text{Na}^+$  e, neste caso, se a velocidade da toxicidade e morte foliar for maior que a produção de novas folhas a fotossíntese é prejudicada e, conseqüentemente, a produção de carboidratos, o que ocasionará a redução do crescimento e produtividade. (MUNNS E TESTER, 2008).

Em ambientes salinos, devido à diminuição do potencial osmótico, juntamente com o potencial mátrico, as raízes das plantas tem que vencer as resistências de absorção de água no solo; e o aumento da pressão osmótica pode atingir um nível tal, em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido. Dependendo do grau de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior (MUNNS & TESTER, 2008; SILVA, 2009; CHICONATO, 2016).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta salinidade limiar de 1,7 dS m<sup>-1</sup> e é classificada como moderadamente sensível a salinidade (MAAS, 1984). As fases iniciais, tais como germinação e na planta jovem, os sintomas do estresse são mais severos e nestas fases a planta apresenta maior sensibilidade. A salinidade atinge as plantas de cana-de-açúcar em crescimento e desenvolvimento e, ainda, reduz o conteúdo de sacarose nos colmos. Contudo, que os danos causados pela salinidade dependem do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado (GUERZONI et al., 2014; CHICONATO, 2016).

### **5.7. Importância das medidas biométricas**

A análise biométrica permite estimar a produtividade da cana-de-açúcar em qualquer período da safra. É uma técnica muito utilizada em programas de melhoramento, objetivando criar variedades mais produtiva (OLIVEIRA et al., 2016). São relevantes também em estudos de correlação fenotípica e/ou genotípica, pois possibilitam a associação entre caracteres, identificando aqueles mais responsivos e que garantem maior produtividade (FERREIRA et al., 2007).

Silva et al. (2009) avaliaram as influências diretas e indiretas dos componentes de produção, altura, diâmetro e número de colmos por parcela, sobre a produtividade de cana-de-açúcar nas fases de cana-planta e cana-soca e, concluíram que na fase de cana-plana, os maiores efeitos diretos foram observados para número e diâmetro do colmo, por sua vez, na fase de cana-soca, o componente de produção número de colmos teve maior contribuição para a variável produtividade.

Estudo realizado por Santana et al. (2010) com variedades comerciais RB, inclusive a RB92579 demonstrou que a altura, o peso de colmos e a área foliar são características determinantes da produção de cana-de-açúcar.

Estudos dessa natureza, possibilitam o levantamento de informações sobre o desenvolvimento da parte aérea da cana-de-açúcar torna-se de grande importância, logo que

permite inferir a influência de fatores abióticos (adubação, irrigação, ciclo época de plantio, clima, solo, variedade, tipo de ciclo: cana-planta ou cana-soca, entre outros) ou bióticos (doenças, pragas, entre outros) no rendimento final da cultura. Além disso, as variáveis monitoradas, a partir destes estudos, podem ser utilizadas para descrever o crescimento e quantificar o rendimento da cana-de-açúcar submetida a diversas condições de cultivo (SMIT & SINGLES, 2006; SILVA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016).

Apesar da importância desse tipo de estudo, escassos são os trabalhos que avaliando o comportamento morfológico da cana-de-açúcar em condições irrigadas com água de qualidade inferior, principalmente utilizando variedades recentemente disponibilizadas aos produtores. Essas informações poderão contribuir com novas práticas de manejo mais eficazes.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Geral**

Avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a morfologia da cana-soca.

### **6.2 Específicos**

Avaliar os níveis de tolerância da cultura à salinidade de água de irrigação e fração de lixiviação durante o segundo ciclo de cultivo da cana-de-açúcar (cana-soca);

Avaliar o índice de crescimento da cultura sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

## **7. MATERIAL E MÉTODOS**

### **7.1 Caracterização do local**

O experimento foi realizado na Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife, cujas coordenadas geográficas são 8° 01' 05" de latitude Sul, 34° 56' 48" de longitude Oeste e 6,5 m altitude em relação ao nível do mar de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum).

O clima da região é do tipo As, megatérmico tropical (tropical úmido) de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). A precipitação média é de 2.263,5 mm ano<sup>-1</sup>, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, com uma média de

388,1 mm no mês de julho; as temperaturas médias da máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8 °C, respectivamente; a umidade relativa do ar média é 79,8%. A evapotranspiração total média estimada encontra-se entre 1.000 e 1.600 mm ano<sup>-1</sup> (BARROS, 2019; INMET, 2019).

## 7.2 Caracterização da área e das unidades experimentais

A área total a ser utilizada tem dimensões de 32 m x 75 m (2400 m<sup>2</sup>), sendo localizada na parte central a estação lisimétrica (18 m x 25,80 m) (Figura 1A) e uma estação meteorológica automática (18 m x 14,20 m) (Figura 1B), cercada com estacas de concreto armado e fios de arame farpado.

A estação lisimétrica é composta por uma bateria de 40 lisímetros de drenagem (Figura 2A), com capacidade de 1.000 L, diâmetro externo na borda superior 1.380 mm e altura externa de 745 mm, equidistantes a 1,20 m, ficando uma borda de 0,10 m acima da superfície do solo, para evitar a entrada de água de chuva ou irrigação, proveniente do escoamento superficial.



**Figura 1.** Vista geral dos lisímetros (A); Estação meteorológica automática (B); Vista externa (C) e interna da casa de coleta do material drenado (D). **Fonte:** Elaborado pelo autor mmm

Em área anexa à estação lisimétrica de drenagem há uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific modelo CR1000/CFM100/OS100) que possui um sistema de coleta e armazenamento de dados (datalogger) meteorológicos (temperaturas média, máxima e mínima do ar ( $^{\circ}$  C); umidade relativa máxima e mínima do ar (%); radiação solar global  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ; velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) e precipitação pluvial (mm), a qual está sendo utilizada para obtenção de dados meteorológicos para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária.

Os lisímetros são conectados a uma casa de coleta (Figura 1C) por meio de um sistema de drenagem subterrânea com tubos de PVC (DN 50 mm), sendo que no seu interior (Figura 1D) foram instalados piezômetros correspondentes para cada lisímetro, composto por mangueira plástica transparente e fita métrica para verificação do nível da água nos respectivos lisímetros, bem como baldes com capacidade de 20 L para coleta da solução drenada dos lisímetros.

## **7.3 Características do solo e adubação**

### **7.3.1 Caracterização físico-química**

O solo utilizado dentro dos lisímetros foi proveniente do Município de Goiana-PE, cujas coordenadas geográficas são  $7^{\circ} 33' 38''$  de latitude Sul e  $35^{\circ} 00' 09''$  de longitude Oeste e 13 m de altitude em relação ao nível do mar. Utilizou-se um Espodossolo segundo a classificação proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013) que possuem textura predominantemente arenosa e são desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos. Este solo foi coletado com retroescavadeira a camada correspondente à profundidade de 0-0,40 m, com o intuito de se utilizar apenas um horizonte do espodossolo.

As características físico-químicas foram determinadas conforme metodologia da EMBRAPA (2011): areia =  $890 \text{ g kg}^{-1}$ , silte =  $30 \text{ g kg}^{-1}$ , argila =  $80 \text{ g kg}^{-1}$ , classe textural = arenosa, densidade do solo =  $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ , densidade da partícula =  $2,63 \text{ g cm}^{-3}$ , argila dispersa em água = 0%, grau de floculação = 100%, umidade volumétrica (0,33 atm) = 3,02%, umidade volumétrica (15 atm) = 1,34%, matéria orgânica =  $15,35 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 6,5$ , P = 49

mg dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup> = 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 1,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 0,65 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Na<sup>+</sup> = 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, capacidade de troca de cátions = 5,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, saturação por bases = 44%, saturação por alumínio = 0%.

### 7.3.2 Adubação

Realizou-se uma adubação mineral de fundação com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Aos 45 e 150 dias após o corte (DAC), foi realizada a adubação de cobertura aplicando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e 35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O conforme a recomendações do Instituto de Pesquisa agrônômica - IPA 2008 (CAVALCANTI et al., 2008), após análise de fertilidade do solo utilizado no experimento. Também foi realizada adubação de cobertura aos 45 e 150 dias após o plantio (DAP) sendo aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e 35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A aplicação dos micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mg) foi realizado via adubação foliar.

### 7.4 Plantio e condução da cultura

A variedade de cana-de-açúcar analisada foi a RB 92579, no segundo ciclo de cultivo (cana-soca). No momento do plantio, foram abertos sulcos com 15 cm de profundidade e espaçados a cada 1,2 m para distribuição dos rebolos. Para germinação dos rebolos foi utilizada a água de abastecimento até 60 DAC por meio do sistema de irrigação. Após a germinação iniciou-se o controle de pragas: lagarta Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e formigas cortadeiras (*Atta* spp.) com os defensivos Egeo<sup>TM</sup>Pleno e Mirex - S Max, respectivamente e capina manual das plantas invasoras.

A cana-planta foi conduzida com os tratamentos descritos aa seguir, sendo a colheita realizada aos 365 DAP. A partir daí, iniciou-se o ciclo da cana-soca no qual foram coletados os dados do presente trabalho.

### 7.5 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos adotados consistem em frações de lixiviação (FL = 0 e 0,17), que correspondem as lâminas de 100 e 120% de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) e cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE<sub>a</sub>: 0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dSm<sup>-1</sup>).



O delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (fração de lixiviação e níveis de salinidade da água de irrigação, respectivamente) com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

Os níveis de salinidade da água foram obtidos por meio de adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O na proporção de 1:1 molar Na/Ca na água de abastecimento local da UFRPE, em quantidade necessárias para obtenção das condutividades elétricas dos respectivos tratamentos, conforme Rhoades et al. (2000):

$$Q = 640 \times CE \quad \text{quando } CE < 5,0 \text{dS}^{-1}$$

$$Q = 800 \times CE \quad \text{quando } CE > 5,0 \text{dS}^{-1}$$

em que:

Q = quantidade de sais (mg L<sup>-1</sup>);

CEa = representa o valor desejado da condutividade elétrica da água (dS m<sup>-1</sup>).

## 7.6 Sistema de irrigação

O tipo de irrigação utilizada foi por gotejamento, com gotejadores espaçados a 0,30 m, sendo quatro emissores autocompensantes com saída cilíndrica por metro linear, modelo NETAFIM™ (tipo PCJ/CNL). A vazão unitária do emissor especificada pelo fabricante foi de 4,0 L h<sup>-1</sup>, sendo a medida em campo de 4,1 L h<sup>-1</sup>, sob pressão de serviço de 10 m.c.a. Além disso, o sistema possui duas bombas d'água elétrica periférica (Modelo QB80, 0,5 CV) acopladas as caixas d'água utilizadas para armazenagem da solução irrigante, linha principal de tubos de polietileno de alta densidade de 36 mm e linhas laterais de 16 mm onde foram distribuídos os gotejadores.

## 7.7 Manejo da irrigação

No estágio inicial, até os 60 DAC foram realizadas irrigações com água de abastecimento local com o intuito de manter o solo em capacidade de campo e, assim assegurar a brotação e estabelecimento das plantas. Após esse período, iniciou-se a diferenciação dos tratamentos, tendo como base a evapotranspiração da cultura (ETc) para reposição das lâminas de reposição de 100 % e 120% da ETc:

$$ET_c = E_{T_o} \times K_c \times K_{l_{med}}$$

em que:

$E_{T_c}$  = evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $E_{T_o}$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $K_c$  = coeficiente de cultivo (adimensional), segundo Doorenbos & Pruitt (1977);  $K_{l_{med}}$  = coeficiente de localização (adimensional), segundo Keller & Bliesner (1990). A evapotranspiração de referência ( $E_{T_o}$ ) foi obtida pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

## 7.8 Variáveis analisadas:

### 7.8.1 Medidas de crescimento

Para obtenção das variáveis biométricas foram realizadas medidas em intervalos de 30 dias, a partir dos 60 DAC no decorrer do ciclo da cultura, sendo em três plantas por lisímetros as quais foram previamente identificadas. Nessas avaliações, foram coletados os dados morfológicos: altura do colmo (AC) (Figura 5 A) e diâmetro do colmo (DC) (Figura 5 B); comprimento (Figura 5 C) e Largura da folha +3 (Figura 5 D); números de folhas verdes (NFV) e secas (NFS); números de perfilhos (NP) das plantas. A determinação da altura do colmo (AC, cm) foi feita com uma fita métrica, sendo a medida feita da superfície do solo até a última folha região auricular visível da folha +1 (primeira folha de cima para baixo, que se apresenta inserida com a aurícula bem visível), segundo a numeração sugerida por Kujiper. O diâmetro de colmo foi medido na altura correspondente a 1/3 da AC, a partir da base, com auxílio de um parquímetro.





**Figura 2.** Etapas da biometria: Altura do colmo (A); Diâmetro do colmo (B); Comprimento da folha (C); Largura da folha (D). **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para o comprimento (CF+3, cm) e largura mediana do limbo foliar (LF+3, cm) foi feita a medição na terceira folha com bainha visível conhecida como folha TVD (Top Visible Dewlap) ou folha +3 (Kuijper) levando consideração os extremos com o auxílio de fita métrica. Em cada avaliação, foi feita a contagem das folhas verdes (NFV, número de folhas planta<sup>-1</sup>) e secas (NFS, número de folhas planta<sup>-1</sup>), considerando como folhas verdes, aquelas totalmente expandidas com pelo menos 20% de área foliar verde, a partir da folha +1.

O número de perfilhos (NP, número de perfilhos m<sup>-1</sup>) foi feito através da contagem do total de perfilhos por metro linear.

Com dados de comprimento e largura na porção mediana da folha +3, determinou-se a área foliar por planta (AF) das folhas verdes por meio da metodologia proposta por Hermann & Câmara (1999), conforme a equação a seguir:

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2)$$

em que:

AF: área foliar, m<sup>2</sup>; C: comprimento da folha, m; L: largura da folha, m; 0,75: fator de correção para área foliar da cultura, adimensional; N: número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde, unidade.

### 7.8.2 Medida de superfície

O índice de área foliar (IAF) para os respectivos tratamentos foi obtido dividindo-se a área foliar total das plantas pela área ocupada pelas mesmas de acordo com o método adaptado de Watson (1947), pela equação a seguir:

$$IAF = \frac{AF \times NFV}{AOPS}$$

em que:

IAC: índice de área foliar,  $m^2 m^{-2}$  de solo; AF = área foliar,  $m^2$ ; NFV: número de folhas verdes, unidade; AOPS: área ocupada pela planta no solo (espaçamento),  $0,18 m^2$ .

### **7.9 Análise estatística**

Os dados morfológicos foram coletados a cada 30 dias em medições realizadas ao longo do ciclo de cultivo da cana-soca. Para a possibilidade de utilização do modelo de parcela subdividida no tempo em dados obtidos ao longo do tempo, foi utilizado o teste de esfericidade de Mauchly e, sendo esta condição significativa ( $p > 0,05$ ), foi realizado o teste de MANOVA (análise multivariada) e os tratamentos ajustados por meio de modelos de regressão múltipla (superfície de resposta), considerando o tempo (DAC) e salinidade (S) como variáveis independentes. As análises serão realizadas utilizando-se o software Estatística versão 10.0 (STATSOFT, 2010)

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1, observa-se o resumo da análise multivariada para as variáveis altura de colmo (AC), diâmetro do colmo (DC), números de perfilhos (NP), área foliar (AF) e índice da área foliar (IAF). Para a variável AC houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) de acordo com os testes de Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy para a fonte de variação tempo, a interação do tempo x salinidade, a interação do tempo x fração de lixiviação e a interação de tempo x salinidade x fração de lixiviação. Para o DC, houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para a fonte de variação tempo (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy), a interação do tempo x salinidade (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy), a interação do tempo x fração de lixiviação (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy) e a interação de tempo x salinidade x fração de lixiviação (Roy). Houve diferença significativa para o NP para a fonte de variação tempo (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy), a interação do tempo x salinidade (Roy), a

interação do tempo x fração de lixiviação (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy) e a interação de tempo x salinidade x fração de lixiviação (Roy). Para as variáveis AF e IAF, houve diferença significativa para a fonte de variação tempo (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy), a interação do tempo x salinidade (Wilks, Hotelling-Lawley e Roy), a interação do tempo x fração de lixiviação (Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy) e a interação de tempo x salinidade x fração de lixiviação (Roy).

Tabela 1. Resumo da análise multivariada das variáveis altura de colmo (AC), diâmetro do colmo (DC), números de perfilhos (NP), área foliar (AF) e índice da área foliar (IAF) da cana-de-açúcar (cana-soca) irrigada com diferentes níveis de salinidade e frações de lixiviação em Recife, PE

FV	Teste	GL	Significância				
			AC	DC	NP	AF	IAF
DAC	Wilks	4	**	**	**	**	**
	Pillai	4	**	**	**	**	**
	Hotelling-Lawley	4	**	**	**	**	**
	Roy	4	**	**	**	**	**
DAC x CE <sub>a</sub>	Wilks	16	**	**	NS	**	**
	Pillai	16	**	*	NS	NS	NS
	Hotelling-Lawley	16	**	**	NS	**	**
	Roy	16	**	**	**	**	**
DAC x FL	Wilks	4	**	**	*	**	**
	Pillai	4	**	*	*	**	**
	Hotelling-Lawley	4	**	**	*	**	**
	Roy	4	**	**	*	**	**
DAC x CE <sub>a</sub> x FL	Wilks	16	**	NS	NS	NS	NS
	Pillai	16	**	NS	NS	NS	NS
	Hotelling-Lawley	16	**	NS	NS	NS	NS
	Roy	16	**	*	**	*	*

FV = Fonte de variação; \*, \*\* = Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS = não significativo pelo teste F; GL - Grau de liberdade.

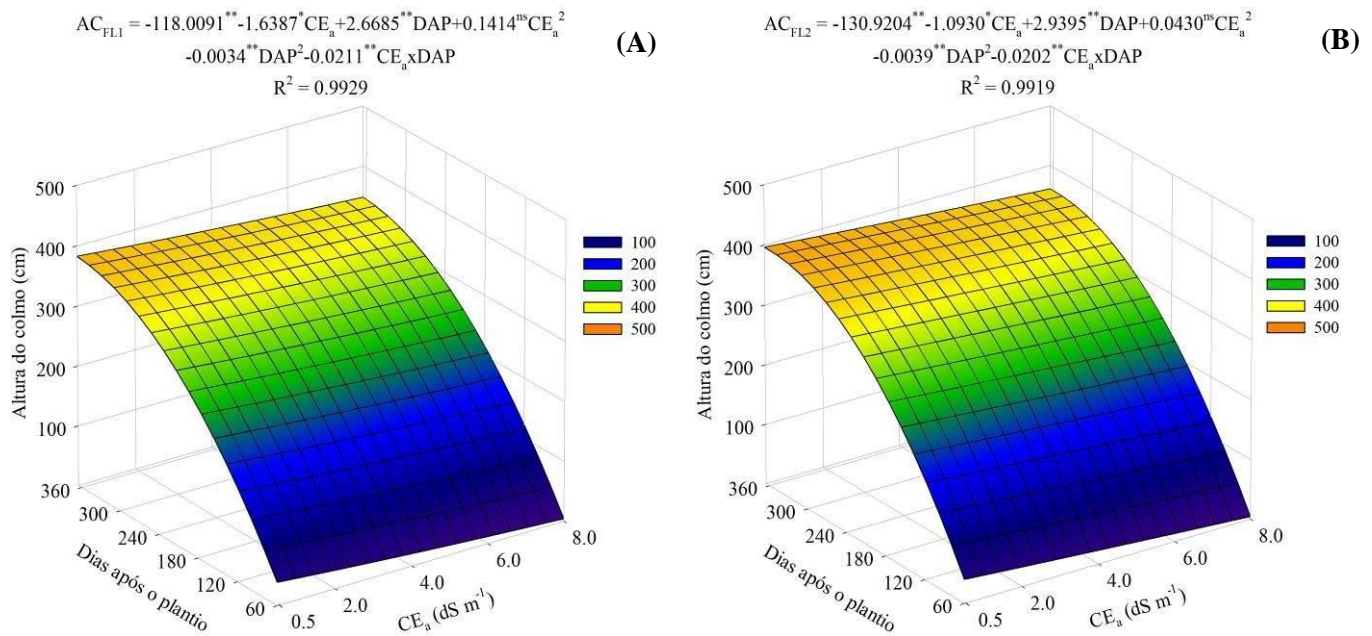
A superfícies de resposta para a altura do colmo (AC) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e dias após o corte para as frações de 0 e 0,17 são apresentadas na Figura 3A e B, respectivamente. Observa-se um decréscimo de 1,6387 e 1,0930 cm na altura do colmo para cada incremento unitário da CE<sub>a</sub>, para as fração de lixiviação de 0 (Figura 3A) e 0,17 (Figura 3B).

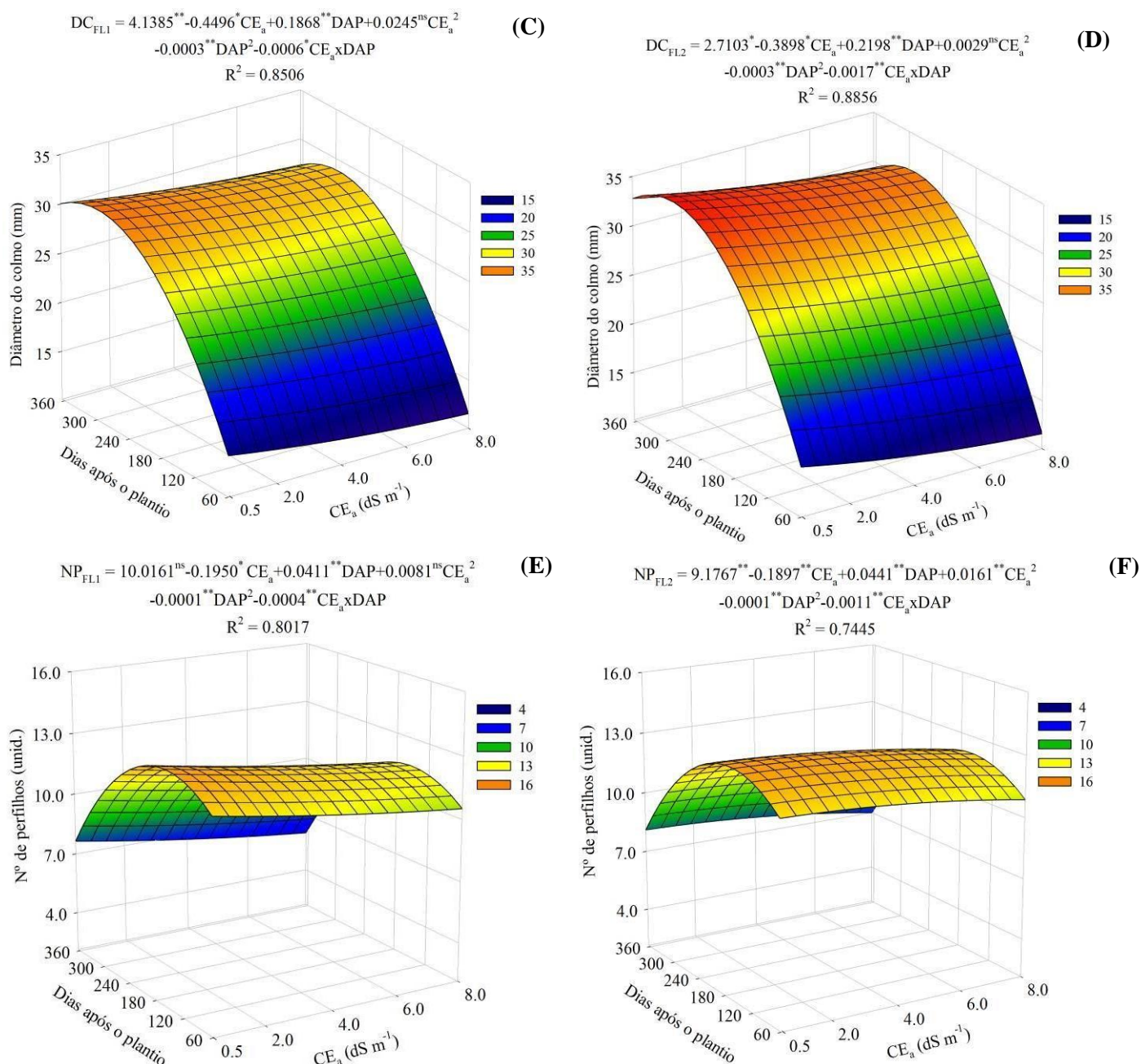
De acordo com a derivada parcial da equação, a maior AC (Figura 3) foi obtida aos 365 DAC no menor nível de salinidade da água de irrigação (CE<sub>a</sub> = 0,5 dS m<sup>-1</sup>), sendo de 382,72 cm para a fração de 0 e 396,27 cm para a fração de lixiviação de 0,17, um aumento percentual de 3,54%. Para a mesma data e no maior nível de salinidade (CE<sub>a</sub> = 8,0 dS m<sup>-1</sup>) as

respectivas alturas para as frações de lixiviação de 0 e 0,17 foram 347,96 e 360,67 cm (+3,65%), respectivamente.

De acordo com Folegatti & Blanco (2000), o excesso de sais em a solução do solo modifica as atividades metabólicas celulares, limitando elasticidade da parede celular, reduzindo o alongamento celular e, conseqüentemente, crescimento vegetal. Estudo realizado por Lira et al. (2018) com a variedade RB 867515 irrigada com águas de qualidade inferior, com a salinidade variando de 0,5 a 6,5 dS m<sup>-1</sup>, observaram altura máxima de 493 cm no menor nível de salinidade da água de irrigação aos 365 dias após o plantio.

O uso da fração de lixiviação no controle de sais no solo permite o deslocamento dos sais provenientes da água de irrigação e/ou presentes no solo para áreas mais profundas que a zona radicular e, conseqüentemente o maior desenvolvimento das plantas (PULGA et al., 2016).





\*, \*\* = Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F.

**Figure 3.** Superfície resposta para altura do colmo (AC), diâmetro do colmo (DC), número de perfilhos (NP) para cana-de-açúcar (cana-soca) em função dos níveis da salinidade da água de irrigação e dias após o corte para as frações de lixiviação de 0 (A, C e E) e 0,17 (B, D e F), respectivamente.

As superfícies respostas para variável diâmetro do colmo (DC) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e dias após o corte para as frações de 0 e 0,17 são apresentadas na Figura 3C e D, respectivamente. Para essa variável, houve um decréscimo de

0,4496 e 0,3898 mm para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação para as frações de lixiviação de 0 e 0,17.

Pela derivada parcial da equação do DC, o maior valor foi observado aos 288 DAC no menor nível de salinidade da água de irrigação ( $CE_a = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo de 31,55 e 34,74 mm para as frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente, um aumento de 10,11%. Para as respectivas datas e, sendo no maior nível de salinidade ( $CE_a = 8,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) o DC foi de 28,85 e 31,18 mm (+8,08%), para as frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente.

Estudos realizados por Simões et al. (2016), em Petrolina, PE, avaliando o efeito da salinidade (0,1 a  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) no crescimento inicial em dez variedades de cana, observaram diminuição significativa no diâmetro do colmo das plantas independente da variedade estudada. Souto filho (2013), avaliando dois tipos de cana-de-açúcar, SP813250 e RB 92579, irrigado com água salobra e sem fração de lixiviação, observado que o diâmetro do colmo não foi afetado pela salinidade da água até 230 dias após o plantio, no entanto, após este período, observou-se diferença e a RB92579 mostrou a maior média.

Segundo Oliveira et al. (2011) diâmetro do caule é um parâmetro que depende não apenas características da variedade, mas também do número de perfilhos, espaçamento utilizado e as condições ambientais. Ainda de acordo com os autores, sob estresse salino é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas.

A superfícies de resposta para o números de perfilhos (NP) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e dias após o corte para as frações de 0 e 0,17 são apresentadas na Figura 3E e F, respectivamente. Observa-se um decréscimo de 0,1950 e 0,1897 cm nos números de perfilhos para cada incremento unitário da  $CE_a$ , para as frações de lixiviação de 0 e 0,17.

De acordo com a derivada parcial da equação, o maior NP (Figura 3) foi obtido aos 155 DAC no menor nível de salinidade da água de irrigação ( $CE_a = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo de 12,27 e 13,88mm para as frações de 0 e 0,17, um aumento percentual de 13,12%. Para a mesma data e no nível de salinidade de  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ , o NP para as frações de lixiviação de 0 e 0,17 foram 11,64 e 12,16 mm (+4,48%), respectivamente. Após essa data, o NP diminuiu em todos os tratamentos até a colheita, observando-se sempre uma maior redução à medida que aumenta os níveis de salinidade da água, e esse efeito foi atenuado com a fração de lixiviação de 0,17. Lira et al. (2018), obteve um máximo perfilhamento de 10,85 e 12,4 perfilhos nas frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente, com a variedade RB 867515 aos 120 DAP.

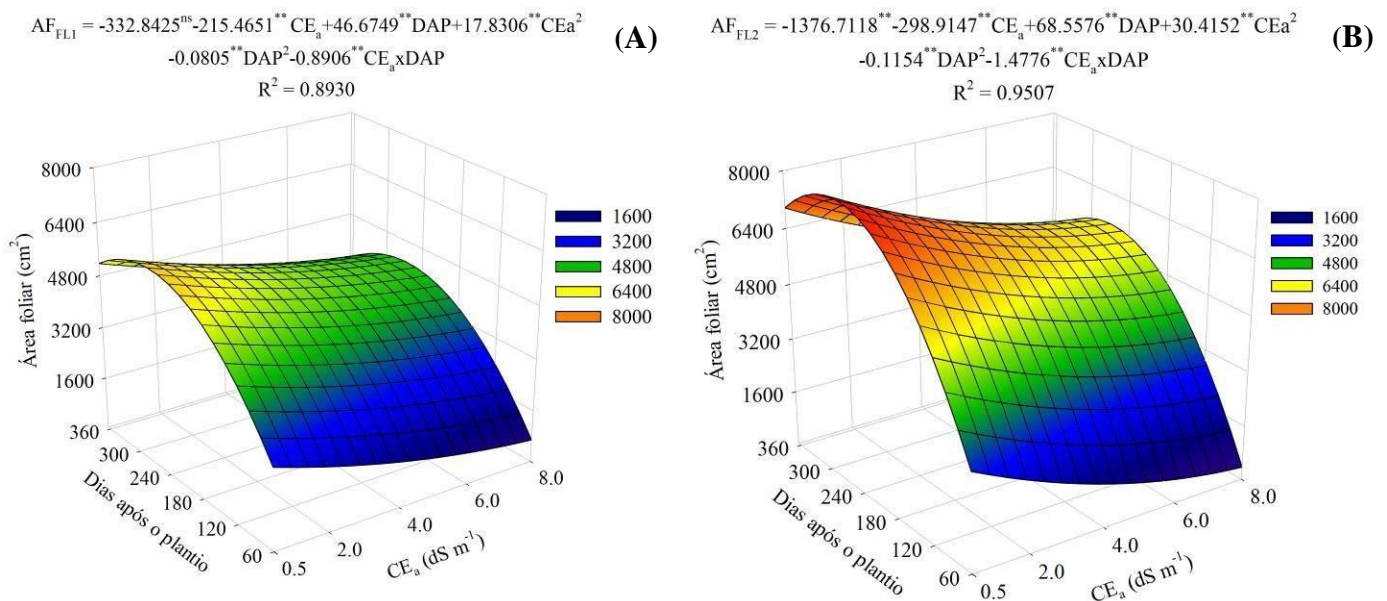


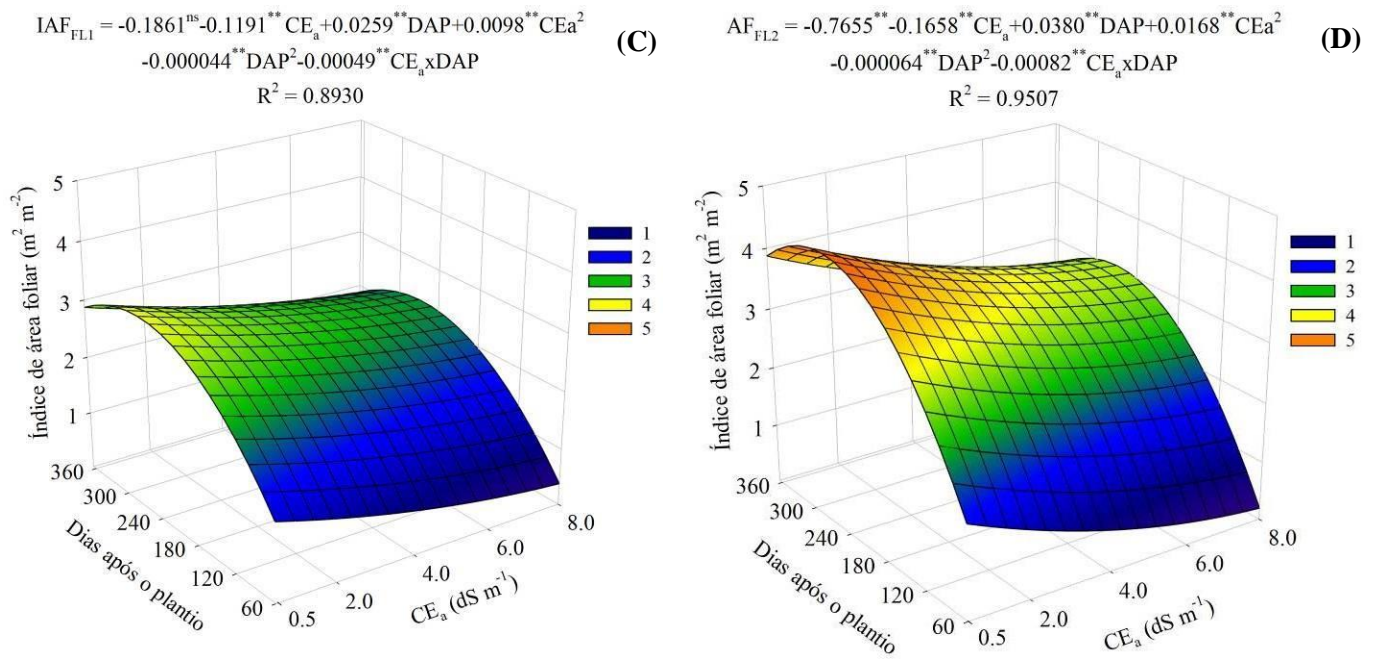
Manhães et al. (2015) afirmam que, após as plantas atingirem o perfilhamento máximo, elas começam a competir por fatores de crescimento, como luz, água e espaço, o que reduz sua quantidade.

Para área foliar, houve um decréscimo de 215,465 e 298,915 cm<sup>2</sup> para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação para as frações de lixiviação de 0 (Figura 4A) e 0,17 (Figura 4B).

A máxima AF foi de 5944,94 e 7998,91 cm<sup>2</sup> (CE<sub>a</sub> = 0,5 dS m<sup>-1</sup>) obtida aos 270 DAC para as frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente, um aumento de 34,55% quando adotou-se a FL de 0,17. Para o nível de salinidade de 8,0 dS m<sup>-1</sup> a AF foi de 4139,67 e 5496,16 cm<sup>2</sup> para as frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente. A partir dessa data, há uma redução da AF para ambas as frações de lixiviação até a colheita. Em trabalho com os genótipos de cana “PR692176” e “V78-1” submetidos à irrigação com águas salinas (NaCl), García & Medina (2010), constataram diminuição na emissão foliar e aumento de folhas secas. Em plantas com deficiência hídrica ou sob condições de estresse salino a senescência foliar é atribuída à estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos e/ou mecanismos de adaptação das plantas, livrando tecidos/órgãos novos em formação da acumulação de íons tóxicos (TAIZ et al., 2017).

Para o índice da área foliar (IAF) observa-se um decréscimo de 0,1191 e 0,1658 cm no índice da área foliar para cada incremento unitário da CE<sub>a</sub>, para as fração de lixiviação de 0 (Figura 4C) e 0,17 (Figura 4D).





\*, \*\* = Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F.

**Figure 4.** Superfície resposta para área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) para cana-de-açúcar (cana-soca) em função dos níveis da salinidade da água de irrigação e dias após o corte para as frações de lixiviação de 0 (A e C) e 0,17 (B e D), respectivamente.

O maior IAF (Figura 4C e D) foi obtido aos 270 DAC no menor nível de salinidade da água de irrigação ( $\text{CE}_a = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo de 3,31 e 4,44  $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$  para a fração de 0 e 0,17, respectivamente, aumento percentual de 34,55%. Para a mesma data e no maior nível de salinidade ( $\text{CE}_a = 8,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) os respectivos números para as frações de lixiviação de 0 e 0,17 foram 2,30 e 3,05  $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$  (+32,61%), respectivamente. De acordo com Taiz et al. (2017), maiores valores de IAF garantem as plantas maior capacidade de acúmulo de fotoassimilados e aproveitamento da energia solar, e, conseqüentemente, maiores produtividades.

## **9. CONCLUSÕES**

- A salinidade influenciou negativamente em todas as variáveis de crescimento da cana-de-açúcar: altura e diâmetro do colmo, número de perfilhos, área foliar e índice de área foliar, de forma mais significativa a área foliar e o índice de área foliar. - A fração de lixiviação de 0,17 apresentou a capacidade de reduzir os efeitos deletérios dos sais sobre as plantas.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, P. S.; RAES, R.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainaige Paper, 56).

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água para irrigação**. Dados eletrônicos. Cuz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ANDRADE, E. M. G.; LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A.; SUASSUNA, J. F.; SOUTO FILHO, L. T. Crescimento e produção da cana-de-açúcar irrigada com águas salinas no segundo ciclo de cultivo. In: III INOVAGRI International Meeting, Fortaleza, 2015. **Anais...** Fortaleza, 2015 (CD-ROM).

AQUINO, G. S.; MEDINA, C. C. Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.3, p.173-180, 2014.

BARROS, A.H.C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima**. Disponível: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html)>. Acesso em: 03/03/2019.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v.60, n.3, p.20-29, 2008.

CARLIN, S. D.; SILVA, M. A.; ROSSETTO, R. Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos. **Bragantia**, v.67, n.4, p.845-853, 2008.

CARVALHO, C. M. de; AZEVEDO, H. M. de; DANTAS NETO, J.; MELO, E. P. de SILVA, C. T. S. da; GOMES FILHO, R. R.. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p.337-342, 2008.

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 198p.

CHICONATO, D. A. **Estresse salino em plantas jovens de cana-de-açúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas**. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

COSTA, A. R. F. C. **Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar**. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2015.

COSTA SOBRINHO, A. F. **Análise de cenários da salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife levando em conta os efeitos da elevação do nível do mar**. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 2014.

CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York: Columbia University Press. 1262 p. 1981.

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.

DOORENBOS, J. Y; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. FAO Estudio de Riego y Drenaje, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, n.24, 1977. 144p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 212p.

FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L.; ARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; BASTOS, I. T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.66, n.4, p.605-610, 2007.

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.

GERONIMO, G. Z. **Características morfofisiológicas e agrupamento genético de cana-de-açúcar sob deficiência hídrica**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa de Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

GUERZONI, J. T. S.; BELINTANI, N. G.; MOREIRA, R. M. P.; HOSHINO, A. A.; DOMINGUES, D. S.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VIEIRA, L. G. E. Stress-induced D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.36, p.309-319, 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normal Climatológica do Brasil 1981-2010**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 03/03/2019.

JADOSKI, C. J. TOPPA, E.V.B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.3, n.2, 2010.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649p.

LIRA, R.M. **Salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação no cultivo da cana-de-açúcar**. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2016.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F; SIMÕES NETO, D. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J.S. Growth and yield of sugarcane irrigated with brackish water and leaching fractions, Campina Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.3, p.170-175, 2018.

LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; CORSATO, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrimpimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.548- 553, 2011.

MAAS, E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**, v.36, p.20-21, 1984.

MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; FRANCELINO, H. O.; COELHO, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v.17, p.163-181, 2015.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar**: uma introdução ao procedimento prático. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2012. 29p.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. Riscos de salinidade em áreas irrigadas. **In**: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. cap.5, p.255-314. (Série Engenharia Agrícola, Irrigação, 1).

MONTENEGRO, S. M. G. L.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L.R.; MONTENEGRO, A. A. A.; DEMETRIO, J. G. A.; CAVALCANTI, G. L. Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.14, n.3, p. 81-93, 2009.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

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 Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, p.56, 2011.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B.; SANTOS, B. L. S.; WALKER, A. M. Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do Submédio São Francisco. **Revista Energia na Agricultura**, v.31, n.1, p48-58, 2016.

PRADO, A. P. A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar em função da densidade de plantio**. 1988. 69p. Dissertação ((Mestrado em agronomia) - Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 1988.

QUINTELA, A. C. R. **Avaliação do plantio convencional e de cana inteira com e sem desponte, e da compactação pós cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar**. 1996. 37 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 1996.

QUEIROZ, R. J. B. **Quantificação da trealose e da prolina livre em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica do solo**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Sistemas de colheita de colmos. **In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C (Ed). Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool – tecnologia e perspectivas**. Viçosa, MG, p.271-312, 2010.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem. 2000, 117p.



RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; LEE, D. The contribution of qualitative variables to a sugarcane yield model based on spectral vegetation index. In: Simposio Latinoamericano de Percepcion Remota, 7., 1995, Puerto Vallarta. **Anais...** Puerto Vallarta: SELPER/SIE, v.1, p. 705-708. 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 de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.460-467, 2010.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. **Anatomia e botânica**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, p.47-56, 2008.

SILVA, T. G. F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do Vale do São Francisco**. 176f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, 2009.

SILVA, F. L.; PEDROZO, C. A.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, P.M. A.; VIEIRA, M. S. Análise de trilha para os componentes de produção de cana-de-açúcar via blup. **Revista Ceres**, v.56, n.3, p.308-314, 2009.

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 Agronômica**, v. 43, n.3, p. 500-509, 2012.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; SANTOS, D. B.; SOUZA, M. A. Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, v.63, p.265-271, 2016.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v. 98, p.91-97, 2006.

SOUZA, Z. M. et al. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, v.35, p.1062-1068, 2005.

SOUZA, J. K. C.; SILVA, M.; DANTAS NETO, J.; SILVA, M. B. R.; TEODORO, I. Importância da irrigação para a produção de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil, **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, n.2, p. 133-140, 2012.

STATSOFT, Inc. STATISTICA: data analysis software system, version 10. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA JÚNIOR, A. R.; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p. 216-222, 2001.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on 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, p.41-76, 1947.

## 11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

- Participou da XVIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão (JEPEX 2018) com a apresentação dos trabalhos:

### - **Teor de macronutrientes da cana-de açúcar irrigada com águas de qualidade inferior**

Autores: Daniel da Costa Dantas, Ênio Farias de França e Silva, Larissa Gabrielle Lino de Andrade, Weliston de Oliveira Cutrim, José Edson Florentino de Moraes, Felipe de Araújo Lima, Lívia Maria Cavalcante Silva.

### - **Teor de nutrientes da cana-de açúcar irrigada com águas de qualidade inferior**

Autores: Daniel da Costa Dantas, Ênio Farias de França e Silva, Larissa Gabrielle Lino de Andrade, Weliston de Oliveira Cutrim, José Edson Florentino de Moraes, Lívia Maria Cavalcante Silva, Marcelo Henrique de Oliveira Primo.

### - **Teor de íons tóxicos da cana-de açúcar irrigada com águas de qualidade inferior**

Autores: Daniel da Costa Dantas, Ênio Farias de França e Silva, Larissa Gabrielle Lino de Andrade, Weliston de Oliveira Cutrim, José Edson Florentino de Moraes, Felipe de Araújo Lima, Lívia Maria Cavalcante Silva.

