



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DE PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

Relatório final apresentado à Pró-Reitora de
Pesquisa e Pós-Graduação referente às
atividades desenvolvidas pelo bolsista
Antonio Diomescio da Silva Filho.

Recife, julho de 2017.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586c Silva Filho, Antônio Diomescio da
Consumo hídrico da cana-de-açúcar sob estresse salino e lâminas de lixiviação
no litoral de Pernambuco / Antônio Diomescio da Silva Filho. – Recife, 2017.
22 f.: Il.

Orientador(a): Ênio Faria de França e Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de
Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e anexos.

1. Cana-de-açúcar - Cultivo 2. Solos - Salinidade 3. Lixiviação 4. Irrigação agrícola 5. Evapotranspiração I. Silva, Ênio Faria de França e, orient. II. Título

CDD 378

Sumário

1. IDENTIFICAÇÃO	4
2. TÍTULO DO PROJETO	4
3. TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO	4
4. RESUMO	5
5. INTRODUÇÃO	6
5.1 A Cultura da cana-de-açúcar: Histórico e aspectos socioeconômicos	6
5.2 Condições climáticas ideais de cultivo	6
5.3 A salinidade e seus efeitos na agricultura.....	7
5.4 Manejo de irrigação.....	8
5.5 Evapotranspiração de Referência (ET _o) e Evapotranspiração da Cultura (ET _c).....	9
6. OBJETIVOS	10
6.1 Geral.....	10
6.2 Específicos.....	10
7. MATERIAL E MÉTODOS	11
7.1 Localização e área experimental	11
7.2 Caracterizações da área e das unidades experimentais	11
7.3. Características do solo do experimento.....	12
7.4. Plantio e condução da cultura	13
7.5. Tratamentos	13
7.6. Características do sistema de irrigação.....	14
7.6.1. Preparo e armazenamento das soluções irrigantes.....	14
7.6.2. Sistema e manejo da irrigação	14
7.7. Variáveis analisadas	16
7.8. Análise estatística.....	16
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
9. CONCLUSÕES	20
10. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	20
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA	27
12. PARECER DO ORIENTADOR	28

1. IDENTIFICAÇÃO

Aluno: Antonio Diomescio da Silva Filho

Curso: Engenharia Agrícola e Ambiental

Bolsista de Iniciação Científica, CNPq.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Faria de França e Silva

Departamento: Engenharia Agrícola

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

Consumo hídrico da cana-de-açúcar sob estresse salino e lâminas de lixiviação no litoral de Pernambuco.

4. RESUMO

O conhecimento das respostas da cana-de-açúcar à irrigação é fundamental para melhorar aspectos relacionados ao manejo e, assim, os rendimentos agroindustriais da cultura. Assim, objetivou-se por meio do presente estudo, determinar a demanda hídrica e coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de lixiviação. O experimento foi conduzido em lisímetros na Estação de agricultura irrigada Professor Ronaldo Freire de Moura no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife. Os tratamentos foram compostos por duas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (100 e 120% da ETc) e cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dS m⁻¹). O delineamento experimental adotado é o inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. A variedade utilizada foi a RB 92579. A reposição das lâminas de água baseadas na ETc foram obtidas multiplicando-se a evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 a partir de dados meteorológicos coletados numa EMA anexa a área experimental pelo coeficiente de cultivo (Kc) referente a cada fase estudada. Os respectivos níveis salinos foram obtidos pela adição de níveis salinos foram obtidos pela adição de NaCl e CaCl₂ a água de abastecimento da UFRPE. Aos 60 dias após o plantio iniciou-se a aplicação dos tratamentos. A demanda hídrica da cultura para as condições experimentais (ETr) foi obtida pelo método do balanço de água no solo, contabilizando as entradas e saídas de água nos lisímetros, o Kc pela relação ETr/ETo e o balanço de sais pela diferença entre a quantidade de sais adicionada no solo pela água de irrigação e lixiviada por drenagem. A evapotranspiração real da cultura (ETr) foi determinada pelo balanço hídrico nos lisímetros e o Kc mediante a razão entre ETr e a ETo. O consumo hídrico médio da cultura aos 180 DAP para as lâminas 100 e 120% ETc foi de 2,72 e 3,02 mm dia⁻¹, respectivamente. O coeficiente da cultura foi de 0,68 e 0,77, respectivamente. Tais valores de coeficiente de cultivo são inferiores aos apresentados pela FAO e atestam a necessidade da avaliação do coeficiente de cultura em condições locais para manejo de irrigação.

5. INTRODUÇÃO

5.1 A Cultura da cana-de-açúcar: Histórico e aspectos socioeconômicos

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp., Poaceae) tem sido cultivada no Brasil desde 1532 (FIGUEIREDO, 2008). Desde então, tem desempenhado um papel fundamental na geração de matéria prima para as agroindústrias do açúcar, álcool e alguns subprodutos. Apresenta-se como atividade geradora de energia renovável e é responsável por grande parte da geração de emprego e renda no meio rural brasileiro (LIRA, 2016). De acordo com a CONAB (2015) o Brasil é o maior produtor mundial de cana, seguido por Índia e China.

Estima-se uma produção de 690,98 milhões de toneladas de cana-de-açúcar no Brasil para a safra de 2016/17. Em termos de área colhida são aproximadamente 9.073,7 mil hectares e se confirmada esta será a maior área colhida no Brasil. O maior estado produtor é São Paulo com cerca 52,3% do total produzido no país, e Pernambuco ocupa a sétima colocação com 2,9% da produção nacional (CONAB, 2016).

5.2 Condições climáticas ideais de cultivo

O clima é um dos fatores mais importantes que determina as necessidades hídricas de uma cultura para crescimento e rendimento ótimos, sem quaisquer limitações (DOORENBOS & KASSAM, 1994). O Semiárido do Estado de Pernambuco é caracterizado por uma estação seca de longa duração, tornando essencial o cultivo irrigado. Na zona de transição Agreste-Sertão, algumas áreas são exploradas com agricultura familiar irrigada. Dentro deste panorama se inserem as áreas aluvionares, com potencial hídrico subterrâneo para o suprimento da irrigação no período seco (SANTIAGO et al., 2004). A cultura desenvolve-se bem sob estação quente e longa (com temperaturas médias diárias entre 22 e 30°C), com incidência de radiação alta e umidade relativa adequada, seguida de período seco, ensolarado e medianamente frio durante a fase de maturação e colheita.

Apresenta crescimento lento no início, aumentando gradualmente até atingir a taxa máxima de crescimento, diminuindo em seguida, à medida que a cana começa a amadurecer. Dos tratos culturais, a irrigação funciona como um fator imprescindível para a garantia de produção com qualidade e aumento da produtividade, principalmente em regiões onde há irregularidade na distribuição das chuvas. A cana irrigada apresenta

maior crescimento, densidade de colmos e índice de área foliar, e valores de teor de açúcar em comparação ao cultivo sem irrigação (LIMA, et al., 1998)

5.3 A salinidade e seus efeitos na agricultura

Segundo Munns & Tester (2008), devido à expansão das áreas salinizadas em todo o mundo, o estresse salino tem se tornando um fator limitante das culturas agrícolas, em geral. A salinidade em regiões áridas e semiáridas ocorre pelo material de origem dos solos ter muitos sais, elevada ETo e baixa Precipitação. Mas estamos trabalhando no litoral, a origem da salinidade aqui é Intrusão salina o que é diferente do semiárido, por isso havia colocado um tópico no roteiro: “Intrusão salina em regiões costeiras”!, 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), desse modo, faz-se necessário a identificação de genótipos de cana-de-açúcar mais tolerantes ao estresse salino para viabilizar o cultivo em áreas com solos afetados por sais.

Naturalmente, o solo apresenta uma solução diluída de sais em quantidades que não dificulta a absorção de água pelas plantas, sendo parte destes sais absorvido pelas raízes para promover a nutrição mineral das mesmas (ORCUTT & NILSEN, 2000). Contudo, quando em altas concentrações, o desenvolvimento das plantas é prejudicado, haja vista que podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas (AYERS & WESTCOT, 1985). Solos normais podem se tornar improdutivos se receberam sais solúveis em excesso devido a irrigações mal conduzidas com águas salinas. Mesmo com um bom controle da qualidade da água de irrigação (o que raramente é feito na prática) há um contínuo resíduo de sais no solo (SOUZA, 1995).

O uso irrigação tem contribuído significativamente, para o aumento da produtividade agrícola além da incorporação, ao sistema produtivo, de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado, em razão de seus regimes pluviais. Por outro lado, a irrigação tem causado alguns problemas ao meio ambiente. Dentre eles, destaca-se o uso inadequado da água salina e/ou sólida resultando na perda da capacidade produtiva do solo. A salinidade da água provoca alterações nas propriedades físico-químicas do solo (RHOADES et al., 1992, citados por LIMA, 1998).

O objetivo principal da irrigação é proporcionar às culturas no momento oportuno, a qualidade de água necessária para seu ótimo crescimento e, assim, evitar a diminuição dos rendimentos, provocada pela falta de água durante as etapas de desenvolvimento sensíveis à escassez. Com as irrigações, no entanto, os sais contidos na água acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando sua escassez. A compreensão do processo de salinização permite encontrar formas de evitar seus efeitos e diminuir a probabilidade de redução de seus rendimentos (AYERS & WESTCOT, 1991).

Com isso, uns dos principais problemas causados pela salinização do solo são a redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água e acentuando a toxicidade de certos íons às plantas (BERNADO, 1996).

Os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou é consumida pelas culturas. Os sais do solo e da água reduzem a disponibilidade da água para as plantas, a tal ponto que afetam os rendimentos das culturas. Nem todas as culturas respondem igualmente a salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis relativamente baixos (AYERS & WESTCOT, 1991). A cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível à salinidade, sendo que a diminuição do rendimento pode chegar a 50 % com solos de condutividade elétrica (CE) de 10,4 dS m⁻¹ (SANTANA et al., 2006).

5.4 Manejo de irrigação

A quantificação do fluxo de vapor de água para a atmosfera proveniente de superfícies úmidas em combinação com a transpiração das plantas (evapotranspiração) em áreas cultivadas é de grande interesse para determinação das necessidades hídricas de cultivos e disponibilidade hídrica do solo.

Dentre os vários métodos disponíveis, o método direto mais comum utilizado na determinação da evapotranspiração da cultura é o método lisimétrico, que utiliza evapotranspirômetros ou lisímetros, os quais consistem de um tanque enterrado no solo (REICHARDT & TIMM, 2004), e por meio de variação no balanço de massa ou volume de água, determinam a evaporação ou evapotranspiração.

Quanto ao tipo, os lisímetros usualmente são agrupados em pesáveis (lisímetros de pesagem de forma continuada ou intermitente, onde a variação de massa é

determinada por um mecanismo de pesagem) e não pesáveis (lisímetro de drenagem e de lençol freático em nível constante) (SILVA, 1996; PEREIRA et al., 2002).

Um bloco de solo no qual é possível quantificar a entrada ou saída de água, por meio de uma célula de carga que monitora a dinâmica da água no solo, oferece a estimativa da evapotranspiração e drenagem baseada em pesagem, sendo usado rotineiramente em condições de campo para monitorar o crescimento de culturas e obter o coeficiente de cultivo (POSS et al., 2004). Os lisímetros têm sido construídos de acordo com as necessidades específicas, que dependem da cultura estudada, do tipo de solo e do clima. Esses equipamentos são grandes caixas cheias de solo, localizadas no campo, apresentando superfície nua ou coberta por vegetação.

De acordo com Thorthwaite (1948) a evapotranspiração potencial (ETp) é o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração. A evapotranspiração real (ETr) constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal. A chuva e a ETp são elementos meteorológicos de sentidos opostos, expressos em milímetros pluviométricos. Seus parâmetros, quando cotejados em processo contábil, conhecido como balanço hídrico climático, fornecem dados acerca de deficiências e de excedentes hídricos, essenciais nas pesquisas e trabalhos agro meteorológicos.

5.5 Evapotranspiração de Referência (ETo) e Evapotranspiração da Cultura (ETc)

As necessidades hídricas da cultura são normalmente expressas mediante a taxa de evapotranspiração da cultura (ETc), relacionada à demanda evaporativa do ar, que por sua vez pode ser expressa pela evapotranspiração de referência (ETo), por meio do coeficiente de cultura (Kc) (PEREIRA et al., 1997). Segundo Doorenbos & Pruitt (1977) definiram ETo como aquela que ocorre em uma extensa área de grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Essa definição vai ao encontro da definição de evapotranspiração potencial postulada por Thornthwaite, que segundo Camargo & Camargo (2000), utilizou o termo evapotranspiração potencial (ETp) para expressar a ocorrência simultânea dos processos de transpiração e evaporação de um extenso gramado (superfície padrão de posto meteorológico), sem restrição hídrica, e em crescimento ativo, e por Penman (1948), que também adotou essa definição de ETp.

Allen et al. (1998) redefiniu ETo como sendo aquela de um gramado hipotético, com altura de 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da superfície ao transporte de vapor d'água igual a 70 s m^{-1} . Um gramado nessas condições possui índice de área foliar (IAF - m^2 de área foliar por m^2 de terreno ocupado) ao redor de 3 e assemelha-se a uma superfície verde sombreando totalmente o solo, bem suprida de umidade, e em crescimento ativo. Assim definida ela representa um elemento climatológico que se contrapõe à chuva para expressar a disponibilidade hídrica regional. Teoricamente, ela seria a chuva adequada para que não houvesse deficiência de água no local.

A evapotranspiração da cultura (ETc) ou máxima (ETm), é definida como aquela que ocorre de uma superfície vegetada com a cultura em qualquer fase de seu desenvolvimento e sem restrição hídrica. O conhecimento da ETc é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais (PEREIRA et al., 1997). No entanto, sua estimativa é difícil e sujeita a muitos erros. Para contornar essas dificuldades, utiliza-se estimativas da ETo corrigidas por um coeficiente de cultura (Kc), proposto por Jensen (1968), o qual é obtido pela relação entre ETc e ETo, determinados experimentalmente.

O Kc varia com a cultura e com seu estágio de desenvolvimento. Valores de Kc podem ser obtidos em tabelas (DOORENBOS & PRUITT, 1977; DOORENBOS & KASSAM, 1994; PEREIRA et al., 1997). No entanto, os valores de Kc também variam em função do método de estimativa de ETo.

6. OBJETIVOS

6.1 Geral

Determinar a evapotranspiração da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de lixiviação.

6.2 Específicos

Determinação da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar nas fases fenológicas iniciais da planta;

Determinar o coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação;

7. MATERIAL E MÉTODOS

7.1 Localização e área experimental

O experimento foi realizado em lisímetros na Estação de agricultura irrigada Professor Ronaldo Freire de Moura (Figura 1) no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife, localizada a 8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 56' 48" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum).



Figura 1. Vista da área Estação lisimétrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Engenharia Agrícola - Recife. **Fonte:** Google Earth©.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo As, Megatérmico Tropical (tropical úmido) (ALVARES et al., 2014). A precipitação média é de 2.417,6 mm ano⁻¹, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, apresentando uma média de 388,1 mm no mês de mais chuvoso (julho); as temperaturas máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8 °C, respectivamente; a umidade relativa do ar média 79,8%, insolação 2550,7 horas. O total de evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 e 1.600 mm ano⁻¹ (BARROS, 2016; INMET, 2017).

7.2 Caracterizações da área e das unidades experimentais

A área experimental é composta por 40 lisímetros de drenagem (Figura 1 A), 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, nas duas direções, e as caixas assentadas a 0,65 m de profundidade, 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, (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009).

Além da estação lisimétrica existe uma estação meteorológica climatológica (Figura 1 B) automática (EMA), no qual, diariamente são coletados dados meteorológicos para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) diária e também há uma casa de coleta (Figura 1 C e D) para coletar o material lixiviado dos 40 lisímetros.

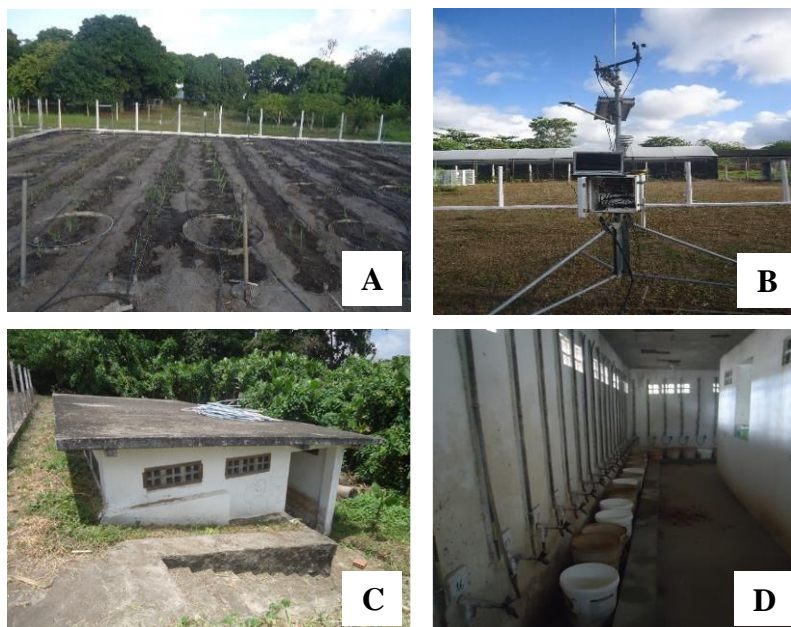


Figura 2. Vista geral dos Lisímetros (A); Estação Meteorológica Automática (B); Casa de coleta do material drenado (C); Interior da casa de coleta (D).

7.3. Características do solo do experimento

Os lisímetros foram preenchidos com solo proveniente do Município de Goiana, PE (7° 33' 38" de latitude Sul e 35° 00' 09" de longitude Oeste e altitude de 13 m) classificado como Espodossolo segundo a classificação do Sistema Brasileiro de classificação de solos (SANTOS et al., 2013). Esse tipo de solo possui textura predominantemente arenosa e são desenvolvidos principalmente de materiais areno-quartzosos. Cada lisímetros recebeu cerca de 1070 kg de solo seco, deixando-se uma

borda de 0,10 m para evitar entrada de água proveniente da chuva, proveniente do escoamento superficial. As características físico-químicas do solo pode ser observado através da tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo dos lisímetros de drenagem (0-20 cm)

Química											
pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H	SB	CTC	V	m
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmolc dm ⁻³ -----					-----%-----				
6,5	49	1,6	0,65	0,06	0,08	0,0	3,05	2,4	5,4	44	0
Física											
M.O	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp			θ: 0,33 atm	θ: 15 atm		
-----kg ⁻¹ -----		-----g cm ⁻³ -----		-----(%)------							
20,4	940	0	60	1,80	2,63			3,02	1,34		

*SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; m: saturação por Al⁺³; M.O: matéria orgânica; Ds: densidade do solo; Dp: densidade da partícula; θ: umidade volumétrica.

De acordo com os resultados não foi necessário realizar a correção do pH, porém, realizou-se uma adubação mineral com N, P, e K para realização do plantio da cana, de acordo com a Recomendação de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008). Também foi realizada adubação de cobertura aos 45 e 150 dias após o plantio (DAP) sendo aplicados aplicados 20 kg ha⁻¹ de N, 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 35 kg ha⁻¹ de K₂O. A aplicação dos micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mg) está sendo realizada via adubação foliar.

7.4. Plantio e condução da cultura

Para o plantio, cavou-se sulcos com cerca de 15 cm de profundidade, e em cada lisímetro foi colocado seis rebolos com duas gemas cada. Também foi realizado o plantio em entrelinhas dos lisímetros formando as bordaduras, sendo colocados rebolos aleatórios. Os rebolos da variedade RB 92579 foram provenientes da Estação experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC-UFRPE).

Após a germinação iniciou-se o controle de pragas: lagarta Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e formigas cortadeiras (*Atta* spp.) com os defensivos Egeo™ Pleno e Mirex - S Max, respectivamente, e capina manual das plantas invasoras. Aos 45 DAP foi realizado um desbaste no qual foi mantido oito plantas mães por lisímetro.

7.5. Tratamentos

Os tratamentos são compostos por: duas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (100 e 120% da ETc) e cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dS m⁻¹).

O delineamento experimental adotado é o inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 2 x 5 (evapotranspiração da cultura e níveis de salinidade da água de irrigação, respectivamente) com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

7.6. Características do sistema de irrigação

7.6.1. Preparo e armazenamento das soluções irrigantes

Os tratamentos foram compostos de duas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (100% da ETc e 120% ETc) e cinco níveis de salinidade de (0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dS m⁻¹). Assim, o sistema de irrigação foi composto de 40 linhas de distribuição. Acrescentou-se uma linha que é apenas de água proveniente do abastecimento local (UFRPE) para irrigação das linhas de bordadura.

A captação da água utilizada na irrigação da área experimental é procedente da rede de distribuição da UFRPE, que abastece cinco caixas de 500 litros cada, utilizadas na preparação das concentrações de salinidade mediante a adição de NaCl e CaCl₂ em quantidades necessárias para obtenção das condutividades elétricas (CEa) conforme os tratamentos. Durante o experimento a condutividade elétrica das soluções irrigantes e água drenada será medida utilizando-se um condutivímetro portátil.

Os níveis de salinidade da água são obtidos por meio de adição de NaCl e CaCl₂.H₂O na proporção de 2:1 molar Na/Ca na água de abastecimento local da UFRPE, em quantidades 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⁻¹); CEa = representa o valor desejado da condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

7.6.2. Sistema e manejo da irrigação

A aplicação da irrigação nos lisímetros foi feita por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, onde em cada linha lateral foram colocados emissores autocompensantes com saída cilíndrica (tipo PCJ/CNL) vazão de 4 L h⁻¹) da NETAFIM™, espaçados a cada 0,30 m. A vazão unitária do emissor especificada pelo fabricante é de 4,0 L h⁻¹, sendo a medida em campo de 4,1 L h⁻¹, sob pressão de serviço de 10 m.c.a.

No estágio inicial, até os 60 DAP foram realizadas irrigações em todos os lisímetros e bordaduras, sendo aplicado uma lâmina com água de abastecimento local diariamente com o intuito de manter o solo em capacidade de campo; essa lâmina foi aplicada para assegurar a brotação e estabelecimento das plantas. Após esse período, iniciou-se a diferenciação dos tratamentos. Assim, a irrigação está sendo realizada com base na evapotranspiração da cultura (ETc) para reposição das lâminas de reposição de 100 % e 120% da ETc:

$$ETc = ETo \times Kc$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Kc = coeficiente de cultivo (adimensional).

A ETo por sua vez, está sendo estimada a partir de dados meteorológicos (precipitação pluvial; temperaturas média, máxima e mínima; umidade relativa do ar média, máxima e mínima; velocidade do vento; radiação solar global; saldo de radiação) coletados na EMA, sendo os mesmos utilizados no método de Penman-Monteith parametrizado no Boletim 56 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (ALLEN et al., 1998):

$$ETo = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \left(\frac{900}{t_{med} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

em que:

Rn = saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (G = 0 MJ m⁻² dia⁻¹); γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); t = temperatura média do ar (°C); u₂ = velocidade do vento (ms⁻¹); e_s - e_a = déficit de saturação do ar (kPa); Δ = declividade da curva de pressão de vapor d'água (kPa °C⁻¹).

O Kc utilizado varia a cada fase fenológica da planta, de acordo com Doorenbos & Pruitt (1977) na tabela abaixo:

Tabela 2. Valores do Kc para cana-de-açúcar, segundo a Doorenbos & Pruitt (1977)

Estádio de desenvolvimento	Kc
Do plantio até 0,25 de cobertura	0,50
De 0,25 a 0,5 de cobertura	0,80
De 0,5 a 0,75 de cobertura	0,95
De 0,75 a cobertura completa	1,10
Utilização máxima	1,20
Início da maturação	0,95
Maturação	0,70

7.7. Variáveis analisadas

Foram determinados durante as fases iniciais da planta a evapotranspiração real da cultura (ETr), o coeficiente de cultivo (Kc) e o balanço de sais do solo. A ETr foi determinada a partir do balanço hídrico da cultura para cada tratamento estudado, contabilizando-se a saída e a entradas de água nos lisímetros de drenagem provindas da água de irrigação e precipitação (BERNARDO et al., 2006):

$$- ETr = P + I - D$$

em que:

ETr = evapotranspiração real da cultura (mm dia⁻¹); P =precipitação pluvial(mm dia⁻¹), I = irrigação (mm dia⁻¹); DP = drenagem profunda (mm dia⁻¹).

O coeficiente de cultivo (Kc) para as condições experimentais adotadas foi determinado mediante a relação entre a evapotranspiração real (ETr) obtida pelo balanço hídrico e a evapotranspiração de referência (ETo) obtida pela através do método de Penman-Monteith FAO 56.

7.8. Análise estatística

Os dados de consumo hídrico da cultura foram submetidos à análise de variância, tendo efeito significativo pelo teste F submetidos à análise de regressão, visando ajustar modelos de comportamento em cada fase fenológica da cultura. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2011).

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, observa-se o comportamento das variáveis meteorológicas para a fase inicial de crescimento da cana-de açúcar (RB 92579) aos 180 DAP. A temperatura média do ar foi de 29,25°C ($t_{\text{máx.}} = 32,6 \text{ °C}$ e $t_{\text{mín.}} = 25,6 \text{ °C}$) valores acima ao da média histórica do município ($t_{\text{med}} = 25,5 \text{ °C}$). A umidade relativa do ar média (72,29%), média da máxima (88,44%), média da mínima (56,13%). Ainda na Figura 3, pode-se observar uma tendência de diminuição da radiação solar global ao longo do período devido ao aumento da nebulosidade com início das chuvas no mês de Janeiro, com média de 24,18 MJ m⁻² dia⁻¹.

O ETr e o Kc, não foram influenciados significativamente pelos níveis de salinidade ($p > 0,05$) aos 180 DAP. Em experimento conduzido em casa de vegetação, em Lavras, MG, para avaliar o efeito salinidade da água de irrigação (CE_a 0,10; 2,0; 5,0 e 8,0 dS m⁻¹) sobre a SP80-1842 cultivada em vasos em três classes texturais de solo, Santana et al. (2007) observaram uma redução de 20,08 % da ETr da cultura irrigada com a concentração salina de 8,0 dS m⁻¹ no solo arenoso. No presente estudo, as condições climáticas registradas ao longo do período experimental, principalmente a ocorrência de precipitações que totalizaram 746,52 mm (Figura 4), podem ter contribuído para a amenização do estresse salino sobre a cultura em consequência principalmente, do processo de lixiviação dos sais da zona radicular na água de drenagem, favorecido pela boa drenabilidade do solo contido nos lisímetros, fazendo com que a demanda hídrica e coeficiente de cultivo não fossem afetadas.

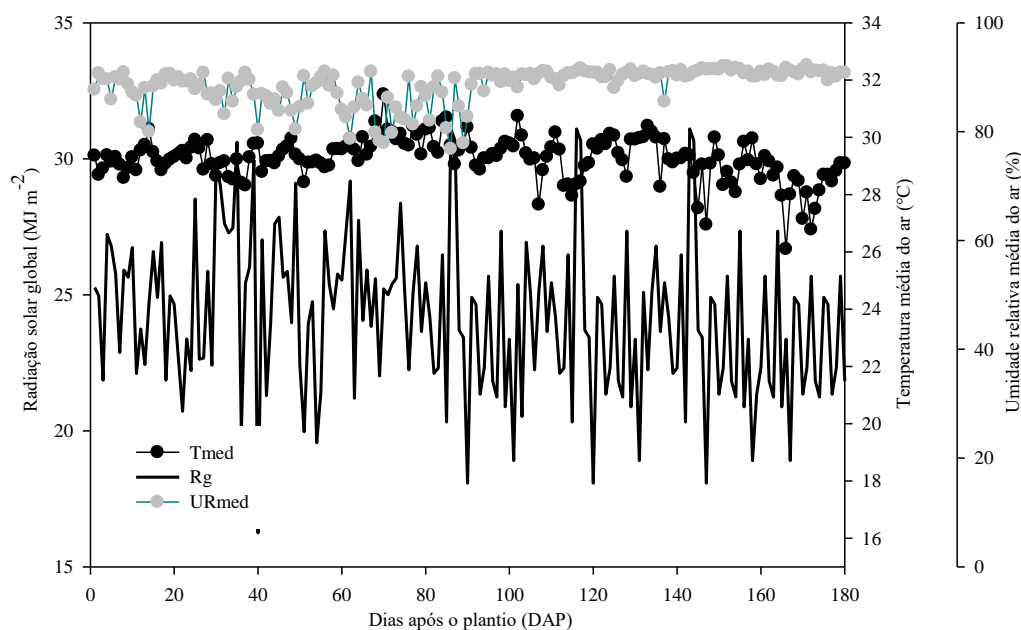


Figura 3. Comportamento das variáveis meteorológicas durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife - PE.

A evapotranspiração de referência (ET_o) acumulada no período foi de 718,22 mm (3,99 mm dia⁻¹) (Figura 4). A evapotranspiração real (ET_r) para as lâminas de reposição de 100 e 120% da ET_c por meio da irrigação ($p < 0,05$), obtendo valores 490,56 e 543,18 mm (2,72 e 3,02 mm dia⁻¹, respectivamente. Na fase I (emergência e perfilhamento) os valores médios, mínimos e máximos de ET_r foram 2,41 e 2,58, 1,10 e 1,10, 4,52 e 4,77 mm dia⁻¹, respectivamente. No início da Fase II (120 a 180) os valores médios, mínimos e máximos de ET_r foram 3,34 e 3,86, 2,25 e 2,55, 4,51 e 5,35 mm dia⁻¹, respectivamente. De acordo com Costa (2015) os períodos críticos para o crescimento da cana-de-açúcar, em relação à água, ocorrem no estabelecimento da cultura (emergência e perfilhamento) e no crescimento vegetativo (entre 120 e 240 DAP), quando também ocorre o alongamento dos colmos e do sistema radicular. Nesse período a evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar atinge os valores máximos. Os valores obtidos no presente estudo, estão dentro do intervalo dos valores revisados por Santos (2005), que encontrou valores médios, mínimos e máximos de ET_c, variando de 2,33 a 5,70, 0,52 a 4,10 e 3,7 a 8,60 mm dia⁻¹, respectivamente, para estudos realizados em diferentes regiões do mundo, para diferentes variedades e sistemas de produção.

Silva (2009) em experimento conduzido em área comercial no município de Juazeiro, na região semiárida do Estado da Bahia com a variedade RB 92579 irrigada por gotejamento e utilizando o método do balanço de energia com base na Razão de Bowen verificou valores máximos de ET_r da cultura para a Fase II (crescimento vegetativo) de 5,1 mm dia⁻¹, destacando-se como o mais elevado do ciclo produtivo.

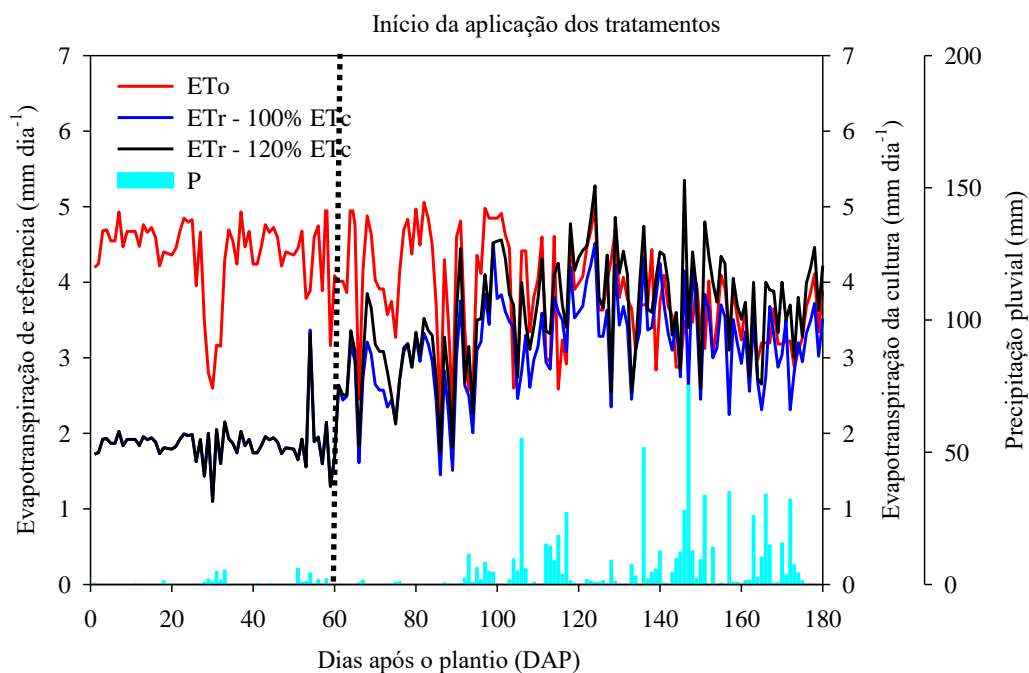


Figura 4. Evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração real (L1 - 100% ET_c e L2 - 120% ET_c) e precipitação durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife - PE.

Na Figura 5, observa-se os valores de coeficiente de cultivo (K_c) sugerido por Doorenbos & Pruitt (1977) e os obtidos no experimento para as lâminas de reposição da ET_c (100% ET_c e 120% ET_c), com valores médios de 0,83, 0,68 e 0,77, respectivamente. Na fase I, os valores médios, mínimos e máximos de K_c foram 0,57 e 0,60, 0,41 e 0,41, 0,90 e 1,06, respectivamente. No início da Fase II (120 a 180) os valores médios, mínimos e máximos foram 0,91 e 1,08, 0,90 e 1,00, 1,00 e 1,09, respectivamente. Esse aumento no K_c na Fase II, ocorre em resposta ao rápido incremento de área foliar da planta durante o crescimento vegetativo (HANSON & MAY, 2006). Silva (2009), constatou para a Fase I, que os valores variaram entre 0,64 e 0,71, com média de 0,65 e Fase II, o K_c aumentou para a faixa de 0,85 a 1,00, valores semelhantes aos obtidos no presente estudo.

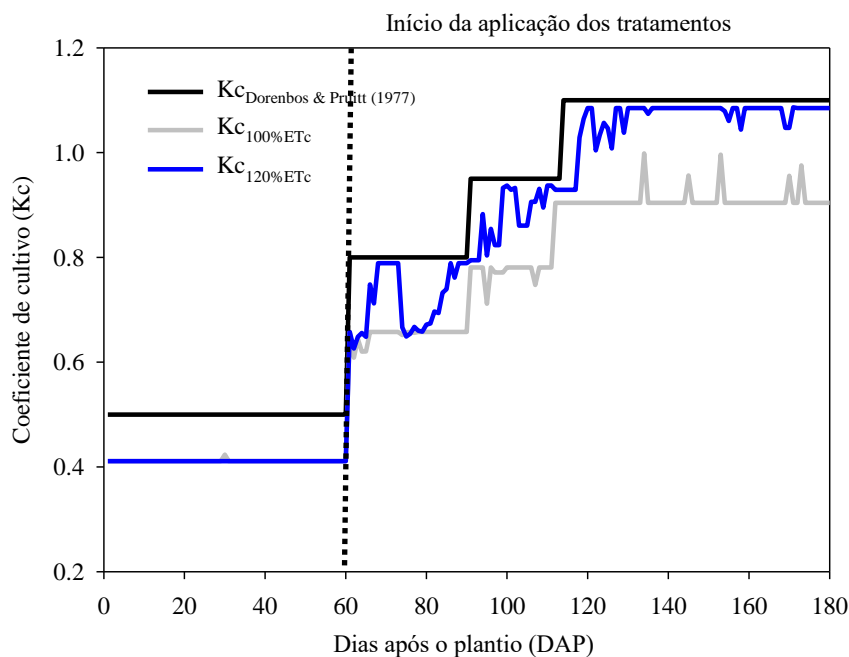


Figura 5. Coeficiente de cultivo (K_c) durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife - PE.

9. CONCLUSÕES

- A demanda hídrica da cultura aos 180 dias após o plantio não foi influenciada pelos níveis de salinidade;
- Os valores médios de coeficiente de cultivo obtidos são inferiores aos apresentados pela FAO e atestam a necessidade desse tipo de estudo para a cultura em condições locais.

10. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

	2016					2017						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Condução do experimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Coleta e compilação dos dados				X	X	X	X	X	X	X	X	
Análises estatísticas dos resultados								X	X	X		

Apresentação de trabalhos científicos												X	
Elaboração de relatórios					X	X						X	X

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

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 Drainage Paper, 56).

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.S. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985. 174p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 29).

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/C ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C%20ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html)>. Acesso em: 03/10/2016.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1996. 596 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v.3, n.1 - safra 2016/2017 -Primeiro levantamento, Brasília, p.1-66, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v.2, n.3 - safra 2015/2016 – terceiro levantamento, Brasília, p.1-65, dezembro 2015.

DOORENBOS, J.; KASSAM, AH. Efeito da água no rendimento das culturas. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução Gheyi, H.R. ET all, UFPB, Campina Grande. FAO. 306p. 1994.

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.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p.31-44.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

HANSON, B. R.; MAY, D. M. Crop coefficients for drip-irrigated processing tomato. **Agricultural Water Management**, v. 81, p. 381-399, 2006.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: 16/02/2017.

JENSEN, M. E. Water consumption by agricultural plants. In: Koslowsky, T.T. Water deficits and plant growth. Academic Press, New York, Volume 2, 1968.

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** 1998. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

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

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. The physiology of plants under stress-soil and biotic factors. New York: John Wiley e Sons. 2000.

PEREIRA, A. R.; SANTIAGO, A. S.; MAGGIOTO, S. R.; FOLEGATTI, M. V. Problemas operacionais com lisímetro de pesagem durante a estação chuvosa e em dias secos com rajadas de vento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.51-56, 2002.

PEREIRA, AR.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc London, A193: 120-146, 1948.

POSS, J. A.; RUSSELL, W. B.; SHOUSE, P. J.; AUSTIN, R. S.; GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.; LIETH, J. H.; ZENG, L. A volumetric lysimeter system (VLS): An alternative to weighing lysimeters for plant-water relations studies. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.43, p.55-68, 2004.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478 p.

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.

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.

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.

SANTOS, M. A. L. dos. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): um modelo de análise de decisão para o Estado de Alagoas**. 2005. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SILVA, F. C. Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. 1996. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

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**. 2009. 194 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUZA, M. R. de. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.* cv.Eriparza) submetido a diferentes níveis desalinidade da água de irrigação**. 1995. 94 f. Dissertação(Mestrado em EngenhariaAgrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

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.

11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

Durante o ano o bolsista desenvolveu as seguintes atividades relevantes:

1. Auxiliou em atividades de pesquisa acompanhando o projeto: **“USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO PARA PRODUÇÃO DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT”**.

2. Participou da XVI jornada de ensino, pesquisa e extensão (JEPEX 2016) como co-autor dos trabalhos:

- VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DE ALFACE AMERICANA CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT COM ÁGUAS SALOBRAS;

- CONSUMO HÍDRICO DA ALFACE AMERICANA CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT COM ÁGUAS SALOBRAS;

- ÁREA FOLIAR E NÚMERO DE FOLHAS DE ALFACE AMERICANA CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT COM ÁGUAS SALOBRAS;

3. Participou do III INOVAGRI International Meeting (2017) como autor/co-autor dos trabalhos:

- CRESCIMENTO DE COUVE-FLOR UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO;

- TROCAS GASOSAS NA COUVE-FLOR CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT COM ÁGUAS SALOBRAS;

- DEMANDA HÍDRICA E COEFICIENTE DE CULTIVO NO CRESCIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA SOB ESTRESSE SALINO.