

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

MARCOS DE SOUSA CAMPOS

**BALANÇO DE ÁGUA E SAIS NO SOLO CULTIVADO COM O QUIABEIRO
IRRIGADO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA SALOBRA**

**MOSSORÓ-RN
2013**

MARCOS DE SOUSA CAMPOS

**BALANÇO DE ÁGUA E SAIS NO SOLO CULTIVADO COM O QUIABEIRO
IRRIGADO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA SALOBRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, para a obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Professor. D. Sc. Francisco de Queiroz Porto Filho.

Co-Orientador: D. Sc. José Francismar de Medeiros

**MOSSORÓ-RN
2013**

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação
da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

C198b Campos, Marcos de Sousa.

Balanço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro
irrigado sob diferentes lâminas de água salobra / Marcos de Sousa
Campos. – Mossoró, RN : 2013
74f. : il.

Orientador: Profº. D. Sc. Francisco de Queiroz Porto Filho.
Coorientador: Profº. D. Sc. José Francismar de Medeiros.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, Mestrado em Irrigação e Drenagem, 2013.

1. Evapotranspiração. 2. Abelmoscus esculentus (L.)
3. Moench. 4. Salinidade. I. Título.

CDD: 635.648

Bibliotecária: Marilene Santos de Araújo
CRB-5/1033

MARCOS DE SOUSA CAMPOS

BALANÇO DE ÁGUA E SAIS NO SOLO CULTIVADO COM O QUIABEIRO
IRRIGADO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA SALOBRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem
da Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, UFERSA, para a obtenção do título
de Mestre em Irrigação e Drenagem.

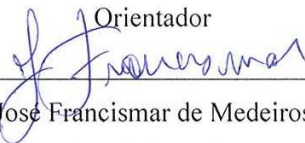
Aprovada em: 22 / 08 / 2013

BANCA EXAMINADORA



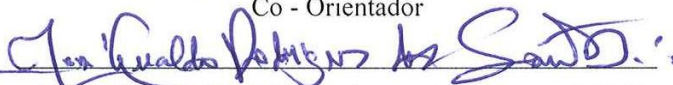
Prof. D Sc. Francisco de Queiroz Porto Filho - UFERSA

Orientador



Prof. D Sc. José Francismar de Medeiros - UFERSA

Co - Orientador



Prof. D Sc. José Geraldo Rodrigues dos Santos - UEPB

Conselheiro

A minha mãe Antonia Lindalva de Sousa (*in memoriam*) pelo amor e dedicação dada.

Ao meu pai Francisco Siqueira Campos a minha esposa Liliane e ao meu filho Francisco José pela compreensão dos momentos ausentes para a realização deste estudo.

Dedico com muito amor e carinho

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e por jamais ter me deixado desamparado, quando preciso.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTsal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto.

Ao Centro Tecnológico do Agronegócio do RN (CTARN), pelo convênio FAPERN/FINEP/UFERSA/EMPARN/UFRN pelo financiamento da infra-estrutura da pesquisa (estação lisimétrica e aquisição equipamento utilizado no laboratório).

Ao programa de pós-graduação em irrigação e drenagem pela oportunidade do estudo.

Ao projeto PROCAD-NF /CAPES pelo apoio financeiro para aquisição dos materiais de irrigação.

Agradeço ao professor Orientador Dr. Francisco de Queiroz Porto Filho pelas críticas e sugestões feitas neste trabalho.

Agradeço ao co-orientador Dr. José Francismar de Medeiros pelas orientações e dedicação dada a este trabalho, que Deus ilumine sempre sua boa vontade de ensinar.

Agradeço aos professores Dr. Vladimir Batista de Figueiredo e Dr. Francisco de Assis de Oliveira pelas sugestões a este trabalho.

Agradeço ao professor Dr. Neyton Miranda pelo esforço na colaboração e condução do experimento.

Agradeço ao professor Dr. Saulo Tasso de Araujo pela instalação da estação meteorológica na área do experimento.

Aos Engenheiros Agrônomo MSc Leonardo Elias Ferreira e Edmilson Gomes Cavalcante Junior, Wallace Edelky de Souza Freitas e aos graduandos em Agronomia Nicolly Kalliliny Cavalcanti Silva, Paulo Sérgio Fernandes Linhares, Arthur Manoel Alves de Medeiros e Rita de Cassia Alves, pela colaboração na condução do experimento e organização dos dados.

Às Tecnólogas Adriana Alves Batista e Naiara Sâmia de Caldas Izídio, pela colaboração na condução do experimento e tabulação dos dados.

RESUMO

CAMPOS, Marcos de Sousa. **Balanço de água e sais no solo cultivado com o quiabeiro irrigado sob diferentes lâminas de água salobra**. 2013. 61f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.

O quiabeiro é uma hortaliça em expansão nos perímetros irrigados do Nordeste e o conhecimento da necessidade hídrica da cultura é de fundamental importância para o manejo da irrigação. O objetivo do trabalho foi avaliar a evapotranspiração, o coeficiente de cultivo (K_c), a produção e o balanço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro irrigado com água salobra em diferentes lâminas de água. Para tanto foi realizado um experimento na estação lisimétrica do Departamento de Ciências ambientais e Tecnológicas da UFERSA em Mossoró, RN. Utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado e os tratamentos consistiram na irrigação com duas águas, sendo uma de baixa salinidade com condutividade elétrica ($CE=0,5 \text{ dS m}^{-1}$), como testemunha (L0) 105% da ET_c e outra salobra com ($CE=3,5 \text{ dS m}^{-1}$), aplicada em quatro diferentes lâminas L1, L2, L3 e L4 que corresponderam, respectivamente, a 65, 85, 105 e 125 % da evapotranspiração da cultura (ET_c) determinada conforme Allen et al. (2006). A ET_c nos lisímetros foi medida utilizando-se o balanço hídrico aplicado a um volume de solo. O consumo hídrico a partir 5ª semana até o final do ciclo no lisímetro do tratamento testemunha, foi de 424,54 mm. O estimado pelo K_{cdual} para este período foi de 483,33 mm. Os valores médios de K_c foi de 0,56; 0,68 e 0,58 em L1 e de 0,78; 1,15; 0,93 em L0 respectivamente para as fases II, III e IV. O K_c determinado pelo K_{cdual} foi de 0,57; 1,27; 1,21 e 0,95, respectivamente, para as fases I, II, III e IV. Houve efeito significativo dos tratamentos e das épocas de coletas (dias após a semeadura) e interação, para o índice de área foliar. Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a produção de frutos frescos e número de frutos por plantas. A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo aumentou em todos os tratamentos que receberam água salina, sendo observado efeito semelhante no Cl^- , Na^+ e na relação de adsorção de sódio (RAS). A salinidade no perfil do solo diminuiu com o incremento da lâmina de irrigação. A salinidade da água de irrigação juntamente com a lâmina deficitária aumentou a salinidade do solo e diminuíram a ET_c .

Palavras chaves: evapotranspiração, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, salinidade

ABSTRACT

CAMPOS, Marcos de Sousa. **Balance of water and salts in the soil cultivated with irrigated okra under different depths of brackish water**. 2013. 61f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.

Okra is a vegetable growing in the irrigated areas of the Northeast and knowledge of the water requirements of the crop is of fundamental importance to irrigation management. The aim of this study was to evaluate the evapotranspiration, the crop coefficient (K_c), the production and the balance of water and salts in the soil cultivated with okra irrigated with brackish water at different water depths. Therefore an experiment was conducted at the station lisimétrica Department of Environmental Sciences and Technology of UFERSA in Mossoró, RN. We used a completely randomized design and treatments consisted of two irrigation waters, being a low salinity with electrical conductivity ($EC = 0.5 \text{ dS m}^{-1}$) as a witness (L0) 105% ET_c and other brackish with ($EC = 3.5 \text{ dS m}^{-1}$) applied in four different blades L1, L2, L3 and L4 that correspond respectively to 65, 85, 105 and 125% of crop evapotranspiration (ET_c) determined as Allen et al. (2006). The ET_c lysimeters was measured using the water balance applied to a soil block. The water consumption from 5th week until the end of the cycle in the lysimeter control treatment was 424.54 mm. The estimated by K_{cdual} for this period was 483.33 mm. The average values of K_c was 0.56, 0.68 and 0.58 L1 and 0.78, 1.15, 0.93 respectively for the L0 in stages II, III and IV. K_c was determined by K_{cdual} 0.57, 1.27, 1.21 and 0.95 respectively for the phases I, II, III and IV. Significant effects of treatments and sampling times (days after sowing) and interaction for leaf area index. Significant effects of treatments on the production of fresh fruit and number of fruit per plant. The electrical conductivity of the saturation extract of soil increased in all treatments with saline water, similar effect was observed in Cl^- , Na^+ and sodium adsorption ratio (SAR). Salinity in the soil profile decreased with increasing water depth. The salinity of irrigation water with the blade deficit increased soil salinity and decreased ET_c .

Keywords: evapotranspiration, (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), salinity

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no cultivo do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.....	30
Tabela 2. Parâmetros da equação de Van Genuchten (1980) para as curvas de retenção de água do solo. Mossoró-RN, 2013.....	31
Tabela 3. Características químicas das águas do Arenito Assu e do calcário Jandaira, utilizadas na irrigação, durante o experimento do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.....	36
Tabela 4. Resumos das análises da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), Cloreto (Cl ⁻), do Sódio (Na) e da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) na camada de 0 a 0,75 m de profundidade, no cultivo do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.....	41
Tabela 5. Valores médios da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) na camada de 0 a 0,75 m de profundidade , a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0, L1, L2, L3 e L4 no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN,2013.....	42
Tabela 6. Valores médios de cloreto (Cl ⁻) do solo, na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0 (105% da ETc) irrigado com água boa e L1, L2, L3 e L4 (65, 85, 105, e 125% da ETc, respectivamente) irrigado com água salobra, no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.....	45
Tabela 7. Valores médios de sódio (Na) do solo, na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0 (105% da ETc) irrigado com água boa e L1, L2, L3 e L4 (65, 85, 105, e 125% da ETc, respectivamente) irrigado com água salobra, no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.....	47
Tabela 8. Valores médios de relação de adsorção de sódio (RAS) no solo na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0, L1, L2, L3 e L4 no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.....	49
Tabela 9. Valores médios semanais da lâmina aplicada (I+P), da variação de armazenamento de água no solo, volume drenado e da ETc, a partir da 5ª	

semana ao final do ciclo, do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, no período de 14/11/2012 a 08/01/ 2013, Mossoró-RN, 2013	57
Tabela 10. Valores médios de Kc medidos nos Lísímetros para cada tratamento, para as fases II, III e IV e do Kcdual do quiabeiro ao durante o ciclo, para as fases I, II, III e IV, no período de 14 de novembro de 2012 a 6 de janeiro de 2013, Mossoró-RN,2013.....	64
Tabela 11. Resumo da análise de variância do Índice de Área Foliar (IAF) do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.....	65
Tabela 12. Médias de índice de área foliar (IAF) do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47, a 60, 70, 80 e 90 DAS, em Mossoró-RN, 2013	66
Tabela 13. Resumos das análises de variância da produção e do número de frutos por planta e teste de comparação de médias pelo teste Tukey do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de retenção de água no solo da área experimental para as camadas de (0 a 25; 25 a 50; 50 a 75 cm de profundidade), equação de Van Genuchten (1980). Mossoró-RN, 2013	31
Figura 2. Temperatura máxima (T máx), média (T. média) e mínima (T. min) diária no período de 13 de Outubro de 2012 a 08 de janeiro de 2013. Mossoró-RN, 2013.....	32
Figura 3. Umidade relativa máxima (U. R. Max), média (U. R. méd) e mínima (U. R. Min) no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013. Mossoró-RN, 2013	32
Figura 4. Valores da radiação global, e velocidade do vento no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013, medidos na estação climatológica da UFERSA. Mossoró-RN, 2013.....	33
Figura 5. Variação da evapotranspiração de referência, no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013, medida na estação climatológica da UFERSA. Mossoró-RN, 2013.....	34
Figura 6. Valores médios diários da lâmina de irrigação aplicada e evapotranspiração de referência, durante o ciclo da cultura do quiabo cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.....	35
Figura 7. Sistema de irrigação utilizado no experimento, durante o ciclo, da cultura do quiabo cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.....	36
Figura 8. Localização da bateria de tensiômetros nas profundidades de 12,5; 37,5 e 62,5 cm, utilizada para medir a tensão de água no solo no período de 30 a 90 DAS da cultura de quiabo, cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013	38
Figura 9. Condutividade Elétrica média do Extrato de saturação do solo (CEes) para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40,50,60,70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e CEes média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	42
Figura 10. Evolução da salinidade média do solo, CEes, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN,2013.....	44

Figura 11. Concentração média do cloreto no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40,50,60,70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	45
Figura 12. Evolução do cloreto, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	46
Figura 13. Concentração média do sódio no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40,50,60,70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	47
Figura 14. Evolução do sódio, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	48
Figura 15. Variação da relação de adsorção de sódio (RAS) no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40,50,60,70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.....	50
Figura 16. Evolução da relação de adsorção de sódio (RAS) no solo, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN,2013.....	50
Figura 17. Perfis de salinidade do solo nas camadas de 0-25; 25-50 e 50-75 cm, expressos em condutividade elétrica do extrato (CEes) aos 60 e 90 dias após a semeadura do quiabeiro na área experimental na cidade de Mossoró-RN,2013.....	51

Figura 18. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L0, Mossoró-RN, 2013	53
Figura 19. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L1, Mossoró-RN, 2013.	54
Figura 20. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L2, Mossoró-RN, 2013	54
Figura 21. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L3, Mossoró-RN, 2013	55
Figura 22. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L4, Mossoró-RN, 2013	55
Figura 23. Valores da evapotranspiração de referência (ET _o) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ET _c) do quiabeiro para os tratamentos L0, 105% da ET _c no período de 30 a 86 dias após a semeadura.Mossoró-RN, 2013.....	59
Figura 24. Valores da evapotranspiração de referência (ET _o) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ET _c) do quiabeiro para os tratamentos L1, 65% da ET _c no período de 30 a 86 dias após a semeadura.Mossoró-RN, 2013.....	59
Figura 25. Valores da evapotranspiração de referência (ET _o) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ET _c) do quiabeiro para os tratamentos L2, 65% da ET _c no período de 30 a 86 dias após a semeadura.Mossoró-RN, 2013.....	60
Figura 26. Valores da evapotranspiração de referência (ET _o) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ET _c) do quiabeiro para os tratamentos L3, 105% da ET _c no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.....	60
Figura 27. Valores da evapotranspiração de referência (ET _o) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ET _c) do quiabeiro para os	

tratamentos L4, 125% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.....	61
Figura 28. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro estimada pelo Kcdual, metodologia da FAO para o tratamento L0, 105% da ETc no período de 13/10/2012 a 08/01/2013. Mossoró-RN, 2013.....	61
Figura 29. Variação do coeficiente de cultivo do quiabeiro, durante período de estudo, cultivado em quatro diferentes lâminas de irrigação com água de CE 3,5 dS m ⁻¹ e com água de CE 0,5 dS m ⁻¹ em Mossoró-RN, 2013.....	63
Figura 30. Variação do coeficiente de cultivo (Kc) estimado pela metodologia do Kcdual da FAO, observada para as fases I, II, III e IV durante o ciclo vegetativo do quiabeiro em Mossoró-RN, 2013	64
Figura 31. Valores médios de Índice de área foliar do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47, em diferentes épocas de avaliação, irrigado com água de salinidade de CE 0,5 e 3,5 dS m ⁻¹ em diferentes lâminas..	66

SUMÁRIO

ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FUGURAS	11
SUMÁRIO	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	19
2.1 CULTURA DO QUIABEIRO.....	19
2.2 IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA	20
2.3 ÁGUA DE QUALIDADE INFERIOR NA IRRIGAÇÃO	20
2.4 EFEITO DOS SAIS SOBRE O SOLO E AS PLANTAS	21
2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO	24
2.6 TOLERÂNCIA DO QUIABEIRO A SALINIDADE	26
2.7 LISÍMETRO DE DRENAGEM.....	27
2.8 BALANÇO HÍDRICO	28
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	29
3.2 DIMENSÕES E INSTALAÇÃO DOS LÍSIMETROS.....	29
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	29
3.4 DADOS CLIMÁTICOS	32
3.5 DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA	33
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	34
3.7 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	35
3.8 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	36
3.9 BALANÇO HÍDRICO DO SOLO	37
3.10 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO.....	39
3.11 PRODUÇÃO E ÍNDICE ÁREA FOLIAR.....	40
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 EVOLUÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO	41
4.2 TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO	52
4.3 BALANÇO HÍDRICO	55

4.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA	58
4.5 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....	64
4.6 PRODUÇÃO DE FRUTOS E NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA	66
CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é uma hortaliça pertencente à família Malvaceae é cultivada nas regiões tropicais, tem ciclo rápido, resistente a pragas, sendo alimento popular de alto valor alimentício (GALATI, 2010), se apresentando em ampla expansão nos perímetros irrigados do Nordeste.

No agropolo Açu-Mossoró, as condições climáticas são ótimas para o cultivo do quiabo. Porém, um fator limitante é a disponibilidade de água de qualidade para a irrigação. A região dispõe de grandes reservas de águas subterrâneas, no entanto, tem condutividade elétrica alta, o que torna o seu uso limitado para o quiabo, que é uma cultura sensível a salinidade. Uma alternativa é a mistura de água de salobra com a água doce, a fim de se obter água com condutividade elétrica menor que o nível de tolerância do quiabeiro.

As culturas suportam a salinidade até determinado nível, a partir do qual ocorre redução na produtividade, denominada de salinidade limiar. O uso de água de alta salinidade pode diminuir o crescimento das plantas e como consequência, tem a ET_c e coeficiente de cultivo diminuídos, no entanto, quando a água é aplicada em excesso, proporciona maiores frações de lixiviação, proporcionando menor concentração de sais no solo, mantendo elevada a evapotranspiração da cultura. Por outro lado, lâminas deficitárias, além de gerar déficit de água para a cultura permitem maior acúmulo de sais no solo, reduzindo ainda mais o crescimento das plantas, o que pode levar a uma maior redução no K_c da cultura.

Portanto, é necessário estabelecer uma salinidade na água de irrigação que seja tolerada pelo quiabeiro e uma lâmina de irrigação que seja capaz de diluir os sais na solução do solo e atender à demanda hídrica.

O conhecimento do consumo hídrico da cultura durante o ciclo é ferramenta de fundamental importância para o dimensionamento projetos de irrigação e manejo dos sistemas, possibilitando maximizar a eficiência no uso de água e energia elétrica, além de aumentar a produtividade e diminuir os riscos de salinização do solo.

A evapotranspiração da cultura pode ser calculada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultivo para os diversos estádios de desenvolvimento. O K_c representa a integração dos efeitos de três características que distinguem a evapotranspiração de referência: i) a altura da cultura que afeta a rugosidade e a resistência aerodinâmica; ii) a resistência de superfície relativa ao

binômio solo-planta, que é afetado pela área foliar (determinada pelo número de estômatos), pela fração de cobertura do solo com vegetação, pela idade e condições das folhas, e pela umidade no perfil do solo, e iii) o albedo da superfície da cultura-solo, que é influenciado pela fração de cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de água na superfície do solo, que influencia no saldo de radiação disponível à superfície, que é a principal fonte de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evapotranspiração (ALLEN et al., 2006).

Pode-se determinar a evapotranspiração da cultura através de métodos diretos e indiretos, sendo os métodos diretos os que apresentam resultados mais precisos na determinação da ET_c , dentro dos quais se destacam os lisímetros. Entretanto, por apresentar custos elevados, o seu uso tem sido restrito a pesquisa, que os utilizam para fazer a calibração regional dos métodos indiretos.

Pesquisas vêm demonstrando que a ET_c não pode ser, simplesmente, estabelecida para todas as situações climáticas com um simples valor de K_c . Esses valores de coeficientes devem ser determinados para cada estágio de desenvolvimento da cultura e condição climática de cada região.

O objetivo do trabalho foi avaliar a evapotranspiração, o coeficiente de cultivo, a produção e o balanço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro irrigado com água salobra em diferentes lâminas de água.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DO QUIABEIRO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é uma hortaliça pertencente à família Malvaceae, sendo uma planta anual arbustiva com fruto em forma circular ou angular, comprimento de 100 a 140 mm e diâmetro de 14 a 33 mm, sendo uma boa fonte de vitaminas, em especial as vitaminas A, C, B1, proteínas, fósforo e fonte de cálcio. O ciclo varia de 90 a 120 dias, sendo provavelmente originário da África ou da Ásia e introduzido no Brasil pelos escravos. (EMBRAPA, 2013; FILGUEIRA, 2008; GALATI, 2010; MOTA et al., 2005; SILVA et al., 2006).

O quiabeiro é uma hortaliça potencialmente importante por apresentar grande diversificação de uso, como alimento animal fonte de óleo e proteínas, fonte de polpa para papel, fonte de combustível e biomassa (MARTIN, 1983).

A cultura do quiabeiro é muito popular em regiões de clima tropical e subtropical, devido à rusticidade das plantas e pela tolerância ao calor, além de não exigir grande tecnologia para seu cultivo (OLIVEIRA et al., 2003). O quiabeiro por ser de fácil cultivo, popular entre os pequenos produtores brasileiros, sendo cultivado nas regiões Sudeste e Nordeste (CANDIDO et al., 2011).

Segundo dados do senso agropecuário de 2006 a produção de quiabo no Brasil em 2006 foi 116,9 mil t, sendo comercializadas 113 mil t e o faturamento bruto de R\$ 99.249,00 (IBGE, 2006). De acordo com dados da associação brasileira do comercio de sementes e mudas (ABCSEM) em 2011 o valor total das hortaliças no Brasil foi de 40,6 bilhões de reais, no varejo 19 no atacado e 10,6 produtor (ABCSEM, 2011).

No Brasi, as principais espécies são “Chifre de veado”- a mais antiga variedade brasileira; “Santa Cruz 47”- criada pela Embrapa e a “Campinas 2”, criada pelo Instituto Agrônômico. Na região Nordeste, o quiabo pode ser cultivado durante todo o ano, pois o clima quente favorece o desenvolvimento da cultura, sendo o estado de Sergipe um dos maiores produtores desta olericola. Na região Sudeste os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais vêm se destacando na produção (CAVALCANTE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2007).

2.2 IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA

Irrigação é a aplicação artificial de água ao solo para as plantas no momento oportuno, objetivando suprir as necessidades hídricas das culturas (BERNARDO, 2006).

O aumento da população mundial tem impulsionado o consumo de alimento e atualmente, 50% da população mundial consome produto originário da irrigação (EMBRAPA, 2013). De acordo com a FAO a área irrigada no mundo 213 é de milhões de hectares irrigados e respondem por 44% da produção mundial de alimentos. No Brasil a área irrigada é de 4.6 milhões de hectares, sendo 1.2 milhões no Nordeste (ANA, 2013).

El-kader et al. (2010) trabalhando com diferentes níveis de irrigação 1.198,8 (I_1), 1.798,2 (I_2) e 2.397,6 (I_3) $m^3 \cdot ha^{-1}$ e matéria orgânica, no Egito, em um solo classificado pela FAO com regossolo, observaram resposta significativa para a altura das plantas e peso fresco, que foram de 70,1 e 96,8%; 72,6 e 75,1%, respectivamente, para I_2 e I_3 , em comparação com I_1 .

2.3 ÁGUA DE QUALIDADE INFERIOR NA IRRIGAÇÃO

A utilização de águas de qualidade inferior na irrigação visa o aproveitamento de águas superficiais e subterrâneas de pouca profundidade que não são adequadas para o consumo humano por apresentar elevada concentração de sais. Entretanto, nas regiões áridas e semiáridas, onde a disponibilidade da água para a agricultura não é suficiente, a utilização de águas salinas na irrigação de culturas seria um complemento à demanda hídrica. No entanto, o uso dessas águas deve ser cuidadosamente planejado, para se controlarem, em longo prazo, os efeitos da salinidade e sodicidade sobre o solo e as plantas. A água de salinidade moderada tem possibilidade de ser utilizada na irrigação desde que aplique uma lâmina excedente para diluir os sais na zona radicular e diminuir os efeitos dos íons tóxicos na produção (AYERS; WESTCOT, 1999).

A utilização de água salina na irrigação requer aplicação de uma fração de lixiviação para diluir os sais na zona radicular da cultura, deixando a condutividade elétrica da solução do solo abaixo da salinidade limiar da cultura, de forma que, embora o rendimento da cultura não seja máximo, pode ser economicamente viável (ALMEIDA, 2010).

Vários estudos tem comprovado o uso de água salina na irrigação com êxito na produção das culturas, tendo como exemplo Israel onde o algodoeiro produz de forma econômica com de $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ (ALMEIDA, 2010; HARDAN, 1976).

JÚNIOR et al. (2007), trabalhando com frações de lixiviação e água salina observaram redução da concentração de sais na zona radicular do feijoeiro, bem como redução dos sais após período chuvoso na região do experimento.

Ferreira et al. (2006) avaliando a condutividade elétrica do solo irrigado com quatro níveis de água salina (1,0; 2,0; 3,0 e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, a 25°C), cultivado com beterraba em lisímetros de drenagem com lâminas de lixiviação, verificaram diminuição da (CE) de $13,2 \text{ dS m}^{-1}$, quando aplicava uma lâmina equivalente ao volume de poros, para $10,95 \text{ dS m}^{-1}$ quando irrigou com a lâmina de lixiviação equivalente a 1,25 do volume de poros, correspondendo a 248mm.

Azevedo et al. (2005) observaram menores valores de condutividade elétrica do solo e sódio, em solo cultivado com *Atriplex nummularia* e irrigado com água salina proveniente de poço. Ferreira et al. (2010), trabalhando com a cultura da beterraba em quatro níveis de água salina (1,0; 2,0; 3,0 e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, a 25°C) e cinco lâminas de (53, 106, 159, 206 e 248 mm) observaram que não houve diferença de produtividade total, pois a cultura é moderadamente tolerante à salinidade.

2.4 EFEITO DOS SAIS SOBRE O SOLO E AS PLANTAS

A salinização do solo é o acúmulo gradativo de sais no solo e começa desde sua formação, ou seja, do material de origem e dos fatores de formação. Além disso, ocorre a salinização gradativa causada pela adição de sais presentes na água de irrigação pela elevação do lençol freático.

De acordo com Lannetta e Colonna (2012), o termo salinização é utilizado para os processos de acumulação de sal no solo e ocorre, especialmente, em áreas áridas e semiáridas, onde os sais solúveis se precipitam na superfície ou no interior do solo.

A irrigação é inerente à produção em regiões áridas e semiáridas no mundo, existindo estimativas que, nessas regiões, cerca de 250 milhões de hectares sejam cultivadas sob irrigação, pois elas apresentam déficit hídrico para plantas em maior parte do ano sendo a distribuição da chuva muito irregular, o que inviabiliza a agricultura de sequeiro (DIAS; GHEYI; DUARTE, 2003).

Nas áreas irrigadas o processo de salinização é mais intenso quando o manejo da irrigação não é realizado de forma adequada e em virtude disso a FAO estima que cerca de 50% dos 250 milhões de hectares irrigados apresentam problemas de salinização (JUNIOR; SILVA, 2010).

O efeito dos sais sobre estrutura solo ocorre devido à interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. Esse efeito tem como característica principal a expansão da argila úmida e a contração quando seca por causa do excesso de sódio trocável. A expansão quando é exagerada causa a fragmentação das partículas e, como consequência, a dispersão da argila, modificando a estrutura do solo. Os solos salinos apresentam densidade aparente alta devido à contração das partículas causada pela diminuição da umidade (DIAS; BLANCO, 2010).

A salinização do solo ocorre devido o acumulo predominante de íons Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e ânions Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- . A salinidade do solo pode ser medida pela condutividade elétrica da solução, pois esta é proporcional à concentração iônica da solução (DIAS; BLANCO, 2010).

Os sais em excesso no solo reduzem o potencial osmótico da solução do solo, principalmente os sais o de maior a solubilidade, por causar a diminuição na disponibilidade de água para as plantas, enquanto o sal pouco solúvel geralmente precipita-se antes de alcançar níveis prejudiciais às plantas (PIZARRO, 1978; AYERS; WESTCOT, 1999).

O efeito da salinidade é semelhante ao provocado pelo estresse hídrico por estiagem, no qual as plantas apresentam muchamento, folhas com coloração verde azulado escuro e com tamanho reduzido e menor área foliar. Ferreira et al.(2011) avaliaram o desenvolvimento do meloeiro com o aumento da salinidade do solo provocado pelo resíduo de caranguejo e observaram redução do crescimento das plantas com o aumento no percentual de resíduo, e verificando incremento da salinidade na solução do solo.

Sarmento (2011) trabalhando com a cultura do girassol irrigado com água salina verificou incremento da salinidade do solo nas profundidades de 0-30 e 30-45 cm, aos 91 dias após a semeadura.

O acúmulo de sais no solo é gradativo em áreas irrigadas, devido à adição continua de sais pela água de irrigação, Isso ocorre principalmente em regiões de clima árido e semiárido, pois nessas regiões a evaporação é muito superior à precipitação, além da alta evapotranspiração pelas plantas e a irregular distribuição das chuvas que

favorece a acumulação de sais no perfil do solo. Nos Estados Unidos, cerca de 5 milhões de hectares irrigadas são afetadas por problemas de sais. A irrigação com água de elevada quantidade de sódio, causa a dispersão das argilas, diminui a permeabilidade e a condutividade hidráulica do solo (USDA, 1991), evidenciando o cuidado no manejo da irrigação com água residuária ou salina.

Os sais causam efeito sobre crescimento e a produção das culturas. Existe um limite de tolerância à salinidade, chamada de salinidade limiar, a partir da qual ocorre perda de produtividade (LETEY; DINAR, 1986).

De acordo com Dias e Blanco (2010), as plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos são superiores as forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica (PO) causado pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar essa PO e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica).

Segundo Ayers e Westcot (1999), a presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por efeito de osmose, aumentando a magnitude do problema de escassez de água na planta.

Segundo Dias et al. (2003) os efeitos negativos da salinidade poderão ser observados no “stand”, no crescimento e no rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura.

As hortaliças são, na sua maioria, sensíveis a salinidade. Silva et al. (2006), trabalhando com água de concentração salina de (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) no cultivo do quiabeiro, observaram uma redução no crescimento de 29% quando irrigado com água de 1,5 dS m⁻¹ enquanto que as salinidades de (3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) causaram reduções de crescimento na ordem de 40; 66 e 72%, respectivamente, comprado ao observado na água de 0,5 dS m⁻¹.

Em frutos de tomate a salinidade da água de irrigação causa diminuição do peso fresco a partir dos 15 dias após a antese (DAA) e os efeitos são mais significativos entre 45 a 70 DAA para a *Lycopersicon esculentum* Mill e *Lycopersicon pimpinellifolium* Mill (BOLARIN et al., 2001).

Medeiros et al. (2012) avaliaram os efeitos dos níveis de salinidade na cultura do melão, em diferentes fases de desenvolvimento e observaram redução na área foliar

de $1144,2 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ para cada aumento unitário da salinidade, correspondendo a 8,61%, sendo que na maior salinidade a redução foi de $3844,5 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ (28,9%). Júnior et al. (2007) verificaram redução no número de vagens do feijão de corda irrigado com água salina, sendo que a testemunha produziu aproximadamente 15 vagens por planta e no tratamento salino uma produção de 10 vagens.

Segundo Willadino e Camara (2010), o efeito da salinidade sobre as plantas é consequência de dois distintos componentes do estresse salino: (1) o componente osmótico—resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, provocando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; (2) o componente iônico – decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , e da alterada relação K^+/Na^+ e outros nutrientes.

Os sais apresentam como efeitos a redução do crescimento das plantas causada pela diminuição do potencial osmótico e efeito pelo específico dos íons. O efeito osmótico é o resultado das altas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, que reduzem o potencial osmótico da solução e, conseqüentemente, a disponibilidade de água para planta. O acúmulo de Na^+ na célula provoca distúrbios no seu metabolismo, devido à competição com o K^+ pelos sítios ativos das enzimas. Quando as concentrações dos íons específicos, como Na^+ e Cl^- , estão altas, podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, pela deficiência de potássio, magnésio, cálcio, fósforo e nitrato (WILLADINO; CAMARA, 2010).

A planta para extrair água do solo com sais em excesso, gasta a energia necessária para retirar água da solução de um solo não salino mais energia para retirar água de um solo salino, portanto, ocorre um gasto cumulativo de energia para a planta extrair água de um solo com teor de sais elevado, como consequência, as plantas apresentam redução do seu crescimento e em casos mais severos, ocorrem danos nas folhas e necrose ou danos nos tecidos (AYERS; WESTCOT, 1999).

2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO

Segundo Allen (2006) a evapotranspiração de referência (E_{To}) se refere a evapotranspiração de um cultivo hipotético que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica nem nutricional, com altura assumida de 0,12 m, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m^{-1} . A evapotranspiração de referência é usada

para fazer balanços hídricos climatológicos, previsão das safras das culturas, no monitoramento de secas e zoneamentos agrícolas.

O conhecimento da evapotranspiração de referência da região em que se deseja desenvolver a agricultura irrigada é de suma importância, isso faz utilizando estações meteorológicas que contabiliza a temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e radiação solar (ALLEN et al., 2006).

Na impossibilidade de se obter ETo experimentalmente, a sua determinação é feita empregando-se métodos meteorológicos, sendo que o de Penman-Monteith é considerado, atualmente o método padrão para cálculo da ETo (ALLEN et al., 2006; PEREIRA et al., 2002).

A evapotranspiração do cultivo (ETc) se refere à evapotranspiração de qualquer cultivo isento de enfermidades, com boas condições de solo e água e plantas bem desenvolvidas (ALLEN et al., 2006). O conhecimento da ETc é ferramenta para o manejo e dimensionamento de projetos de irrigação. A ETc da cultura não é a mesma para todas as regiões pois é influenciada pelas condições de solo e climáticas de cada região.

O quiabeiro sob condições normais de cultivo apresenta um consumo hídrico de 314 mm durante o ciclo e uma média de $1,73 \text{ mm dia}^{-1}$ (PAES; ESTEVES; SOUSA, 2010).

Chaves et al. (2005) determinaram a ETc da pimenteira usando lísimetros de drenagem no município de Pentecoste CE, e observaram que aos 100 dias após o transplântio o consumo médio da cultura foi de $7,4 \text{ mm dia}^{-1}$, chegando a $8,4 \text{ mm dia}^{-1}$. A cultura da cenoura, nas condições do semiárido de Pernambuco, tem um consumo hídrico de 811,84 mm durante o ciclo (SANTOS, 2008). As variações nas taxas de evapotranspiração são em função da anatomia das folhas, características e número de estômatos além das propriedades aerodinâmicas da cultura durante o ciclo (ALLEN et al., 2006). A evapotranspiração da cultura pode ser determinada a partir da relação entre ETo e Kc ou através de lísimetros ou estimadas a partir de equações empíricas.

Segundo Paes et al. (2012) o coeficiente de cultivo do quiabeiro nas condições de clima tropical apresenta coeficientes de cultivo médio na 1ª, 2ª e 3ª fase de 0,68; 0,79 e 0,54 respectivamente. Panigrahi e Sahu (2013), estudando a demanda hídrica do quiabeiro na Índia numa região com precipitação média anual de 1300 mm, encontraram valores de Kc de 0,38; 0,74; 0,98 e 0,49 as fases I, II, III e IV.

O coeficiente de cultivo (K_c) é um fator resultante da relação entre a evapotranspiração do cultivo (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o). O K_c varia com altura da planta, umidade do solo, cobertura do solo, resistência do cultivo, clima da região e manejo agrônômico (ALLEN et al., 2006). Portanto, quando se irriga com água salobra, o potencial osmótico do solo pode diminuir, fazendo com que a planta tenha dificuldade em absorver água. Além disso, dependendo da sensibilidade da cultura à salinidade, pode ocorrer redução da área foliar e do tamanho da planta, diminuindo a cobertura do solo, tendo como consequência a diminuição do K_c . Quando se irriga com água salobra e se aplica uma fração de lixiviação, ou seja, uma lâmina de irrigação excedente para diluir os sais na zona radicular, o efeito dos sais sobre a planta é reduzido aumentando a evapotranspiração e o K_c .

A produção e a evapotranspiração da cultura são máximas quando a sua exigência hídrica é preenchida. Porém, quando se irriga com água salina e não se aplica uma lâmina excedente, ocorre acúmulo de sais na zona radicular devido à evapotranspiração. A salinidade na zona radicular excedente a salinidade limiar, causa perda de produtividade (LETEY; DINAR, 1986).

Muitos pesquisadores vêm buscando desenvolver uma função que relacione produção e irrigação com água salina, para diversas culturas, visando estabelecer a relação entre esses dois parâmetros, o quiabeiro tem uma salinidade limiar de 3,48 dS m^{-1} conforme Ünlükara et al. (2008), o tomate e o pimentão tem salinidade limiar de 2,5 e 1,5 dS m^{-1} respectivamente (AYERS; WESTCOT, 1999). Os modelos fazem a relação entre rendimento e salinidade na zona radicular, entre rendimento e evapotranspiração e entre acúmulo de sais na zona radicular e fração de lixiviação (LETEY; DINAR, 1986).

2.6. TOLERÂNCIA DO QUIABEIRO A SALINIDADE

De acordo com Silva et al. (2006), a cultura do quiabeiro é dependente da irrigação, sendo que o uso da água com salinidade elevada interfere negativamente na germinação e desenvolvimento das plantas.

O quiabeiro é considerado uma hortaliça sensível à salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999). Silva et al. (2006), avaliaram o efeito da salinidade da água de irrigação (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) sobre o crescimento vegetativo do quiabeiro e observaram efeito significativo sobre a altura da planta, diâmetro do caule, área foliar,

massa seca da raiz, massa seca do caule e massa seca da folha, observando reduções de todas as variáveis em função do aumento da salinidade.

Saleem et al. (2011) trabalhando com duas cultivares de quiabo (Nirali e Posa Sawni) sob estresse salino de 50; 100 e 150 mM de NaCl em condições de estufa, observaram que o estresse salino reduziu significativamente a parte aérea e massa fresca de raiz, a taxa fotossintética e de transpiração das duas cultivares de quiabo, teor de clorofila b, assimilação líquida de CO₂ e maiores concentração de Na⁺ e Cl⁻ na folha de ambas as cultivares.

2.7 LISÍMETRO DE DRENAGEM

Lisímetros são tanques enterrados no solo, dentro dos quais é contabilizada a evapotranspiração da cultura, sendo considerado o método que apresenta maior precisão para determinação da ET_c, desde que sejam instalados e manuseados corretamente (REICHARDT; TIMM 2004).

Os lisímetros são divididos basicamente em duas categorias: os de pesagem e os de drenagem, os de pesagem são considerados os de alta precisão, podendo fazer medições de ET_c em intervalos de minutos ou cada hora. Já os lisímetros de drenagem são mais precisos para períodos longos de observação de 7 a 10 dias (ALLEN et al., 2006).

Os lisímetros de drenagem são constituídos de caixas de ferro, PVC, fibra de vidro etc. No fundo da caixa, estão acopladas tubulações, que conduzem a água drenada até uma estação de captação para ser medida. O solo dentro do lisímetro deve apresentar as condições físicas e químicas semelhantes às condições do solo externo. A vegetação plantada dentro do lisímetro deve ser igual à cultivada fora dele, e apresentar a mesma densidade de plantio (BERNARDO, 2006).

A vegetação no lisímetro deve ser mantida idêntica às condições de fora para evitar o efeito “oásis”, que ocorrem em áreas úmidas cercadas por áreas secas, ou ainda a ocorrência do efeito “buche” sendo resultantes do crescimento das plantas maiores no interior do lisímetro, estas diferenças em crescimento das culturas no interior dos lisímetros em relação à área externa, altera a aerodinâmica da cultura e provocam uma perturbação no movimento horizontal do ar, elevando a transpiração da vegetação (ALLEN et al., 2006).

2.8 BALANÇO HÍDRICO

A maneira de obter êxito na técnica de irrigação é ter o conhecimento da necessidade hídrica da cultura. O balanço de água no solo é o método utilizado para prever a variação da umidade do solo no volume que engloba o sistema radicular. É uma ferramenta para fazer o manejo de irrigação, considerando a capacidade de armazenamento de água do solo e as entradas representadas pela chuva e irrigação, bem como as saídas pela evaporação e evapotranspiração da água. evapotranspiração pode ser deduzida a partir da alteração no conteúdo de água no solo (ΔSW) durante um período de tempo; (ALLEN et al., 2006).

Segundo Reichardt e Timm (2004), o balanço hídrico trata-se do somatório das quantidades de água que entram e saem de um volume de solo, em determinado intervalo de tempo, durante o ciclo de uma cultura, e, apresenta componentes que contribuem positivamente, aumentando a umidade do solo no volume de controle, ou negativamente, reduzindo a disponibilidade de água no solo, sobretudo na profundidade do sistema radicular efetivo, sendo necessário avaliar a umidade pelo menos na profundidade ocupada por 95 % do sistema radicular ativo.

De acordo com Reichardt (1990), o balanço hídrico é importante para o acompanhamento da quantidade de água armazenada no solo, sendo possível, através dele, estabelecer critérios para a drenagem de um solo, em caso de excesso de água, ou para irrigação, reposição de água em caso de falta. Através do plano da superfície do solo, tem-se a adição de água pela chuva e/ou irrigação e as perdas por evapotranspiração e enxurrada ou deflúvio superficial. Na profundidade que deve compreender a zona radicular podem-se ter perdas por drenagem profunda e/ou ganhos por ascensão capilar. A contabilidade de todos estes componentes do balanço hídrico reflete a quantidade de água que fica contida na camada de solo, medidas através da variação do armazenamento de água (ΔARM). Assim, quando as perdas são maiores que os ganhos, ΔARM diminui e, em caso contrário, aumenta.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi desenvolvida, no período 13/10/2012 a 08/01/2013, na Estação Lisimétrica do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado no município de Mossoró-RN. O clima local é do tipo BSw^h, com base na classificação de Köppen, e a média anual de precipitação é da ordem de 678 mm. As médias anuais de temperatura, insolação e umidade relativa são 27,4°C, 236 h mês⁻¹ e 68,9 %, respectivamente (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

3.2 DIMENSÕES E INSTALAÇÃO DOS LÍSIMETROS

A estação lisimétrica está instalada numa área, com 12 m de largura e 40 m de comprimento, totalizando 0,048 ha. Foram utilizados 21 lisímetros de drenagem, construídos em fibras de vidro com as dimensões de 0,82 m de largura por 1,30 m de comprimento e 0,90 m de profundidade, distribuídas equidistantes. Os lisímetros foram enterrados a 0,9 m e preenchidos com solo.

Os lisímetros foram nivelados com um suave declive no sentido do dreno e, antes de serem preenchidos com o solo, foi colocada uma camada de brita com 0,07 m de espessura. Acima da brita, foi posta uma manta de tecido não tecido “Bidim OP-20”. Na parte inferior de cada lisímetro, foi inserido um dreno de PVC, com diâmetro de 40 mm, conectado a um vaso, colocado em um poço de observação com 1,5 m de profundidade, por meio do qual o excesso de água percolado foi captado e medido.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo utilizado na estação lisimétrica e no preenchimento dos lisímetros foi coletado e transportado do perfil natural de um solo classificado como Argissolo Vermelho amarelo, conforme EMBRAPA (1999) localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA. As características químicas do solo estão apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no cultivo do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.

Características	Valor	Unidade	Caract	Valor	Unidade	Caract	Valor	Unidade
N	0,07	g kg ⁻¹	Ca ²⁺	1,11	cmol _c dm ⁻³	*V	68	%
pH	4,73	água	Mg ²⁺	1,06	cmol _c dm ⁻³	*M	8	%
CE	-	dS m ⁻¹	Al ³⁺	0,2	cmol _c dm ⁻³	*PST	1	%
Mat.Org	7,43	g kg ⁻¹	(H + Al)	1,07	cmol _c dm ⁻³			
P	2	mg dm ⁻³	SB	2,3	cmol _c dm ⁻³			
K ⁺	37,9	mg dm ⁻³	T	2,5	cmol _c dm ⁻³			
Na ⁺	6,9	mg dm ⁻³	CTC	3,37	cmol _c dm ⁻³			

*V – saturação por bases, m – saturação por alumínio, PST – porcentagem de sódio trocável.

As curvas de retenção de água no solo (Figura 1) foram determinadas para as camadas de 0 a 25; 25 a 50; 50 a 75 cm, cujos parâmetros de determinação estão contidos na (Tabela 2), umidade na capacidade de campo foi determinada a partir dos valores de tensão (h) em kPa da equação 1 desenvolvida por Maia (2011), a partir da equação de Van Genuchten (1980).

$$hpi = \frac{1}{\alpha} \times \left(\frac{1}{m} \right)^{1/n} \quad (1)$$

Em que:

hpi - modulo do potencial matricial no ponto de inflexão da curva.

α , m e n são parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), ajustados pelo modelo que dependem da forma da curva de retenção.

As medidas foram feitas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFERSA, utilizando-se, para as tensões de 1,0 a 5,0 kPa, mesa de tensão e amostras indeformadas coletadas em anéis de 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura e, para as tensões de 10,0 a 500,0 kPa e extrator de Richards equipado com placas de cerâmica, com amostras de solo deformadas.

As amostras indeformadas foram coletadas em trincheiras abertas nos lísímetros da área experimental, com três repetições em cada camada de solo, totalizando 36 amostras. As amostras deformadas foram coletadas nos mesmos locais que as indeformadas retirando-se fatias de solo representativas de cada camada do perfil do solo, totalizando 12 amostras, que foram secas ao ar e peneiradas em tamis de 2 mm, conforme recomendações da EMBRAPA (1997).

Os parâmetros da equação de Van Genuchten (1980) descrevem as curvas de retenção de água no solo, para as três profundidades.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \quad (2)$$

Em que:

θ - umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

h é o módulo do potencial mátrico (cmca);

θ_s é a umidade de saturação do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r é a umidade residual, a qual corresponde um valor extrapolado pelo ajuste ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

α , m e n são parâmetros ajustados pelo modelo que dependem da forma da curva de retenção.

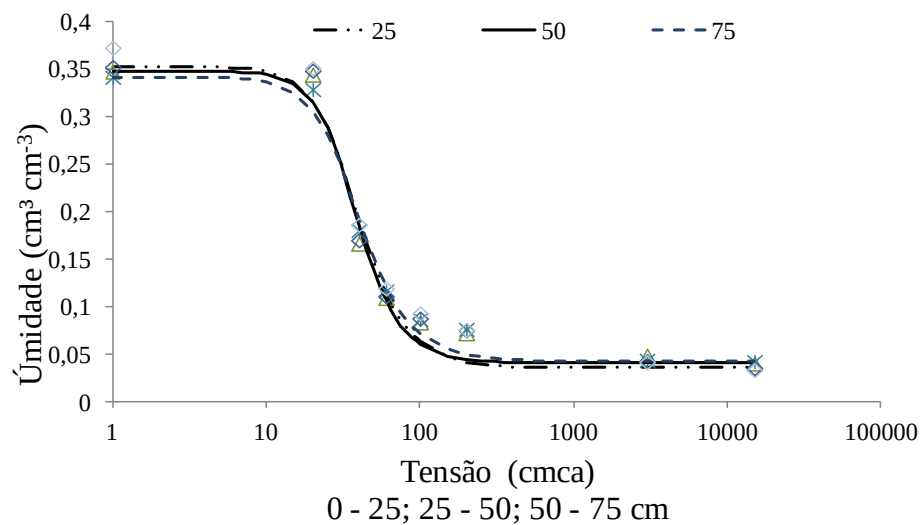


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo da área experimental para as camadas de (0 a 25; 25 a 50; 50 a 75 cm de profundidade), equação de Van Genuchten (1980). Mossoró-RN, 2013.

Tabela 2. Parâmetros da equação de Van Genuchten (1980) para as curvas de retenção de água do solo. Mossoró-RN, 2013.

Profundidade	Parâmetros da equação de Van Genuchten (1980)						
(cm)	α	m	n	$\theta_r(\text{cm}^3 \text{cm}^{-3})$	$\theta_s(\text{cm}^3 \text{cm}^{-3})$	$\theta_{cc}(\text{cm}^3 \text{cm}^{-3})$	h (kPa)
0 - 25	0,03	0,688	3,205	0,035	0,352	0,206	3,67
25 - 50	0,03	0,714	3,495	0,04	0,347	0,204	3,59
50 - 75	0,03	0,678	3,101	0,042	0,341	0,204	3,70

3.4 DADOS CLIMÁTICOS

Foram coletados dados climatológicos de temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global, na estação climatológica da UFERSA no decorrer do experimento, estes dados estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

A temperatura do ar durante o experimento (Figura 2) variou entre 34,19 e 23,29 °C com média de 28,18 °C.

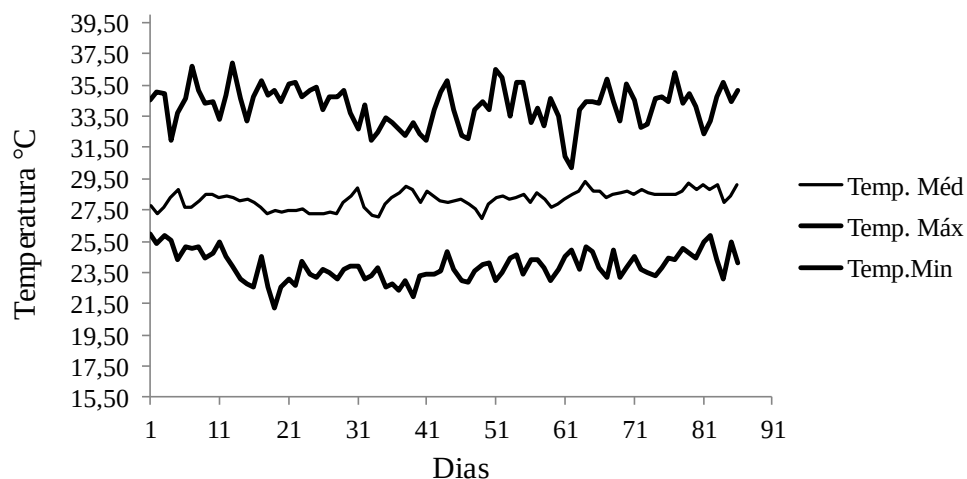


Figura 2. Temperatura máxima (T máx), média (T. média) e mínima (T. mín) diária no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013. Mossoró – RN, 2013.

A umidade relativa do ar durante o experimento (Figura 3) variou entre 76,28 e 30,90% com média de 59,59%.

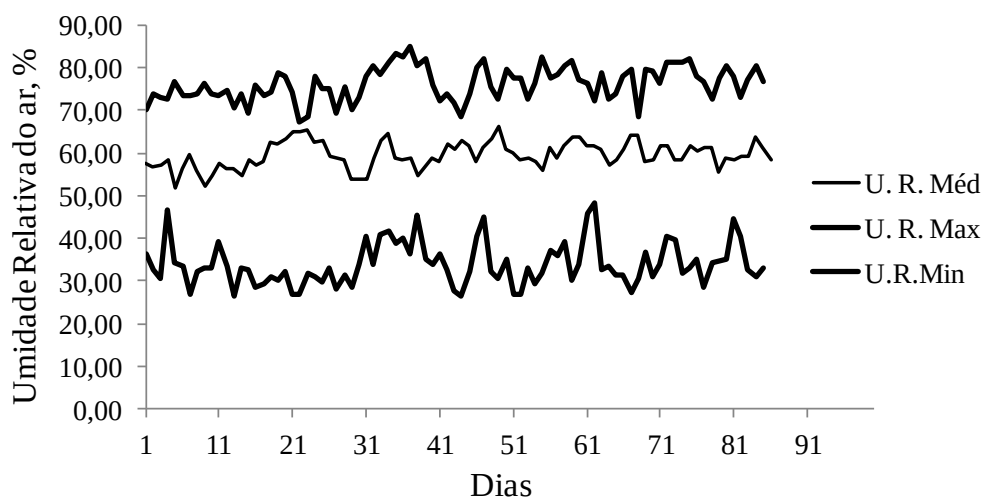


Figura 3. Umidade relativa máxima (U. R. Max), média (U. R. méd) e mínima (U. R. Min) no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013. Mossoró-RN, 2013.

A radiação global diária (Figura 4) variou de 22,88 a 13,76 MJ m⁻² dia⁻¹ com valor médio moderado de 19,17 MJ m⁻² dia⁻¹. A velocidade do vento durante o experimento variou de 2,66 a 3,88 m s⁻¹ com média de 3,29 mm s⁻¹.

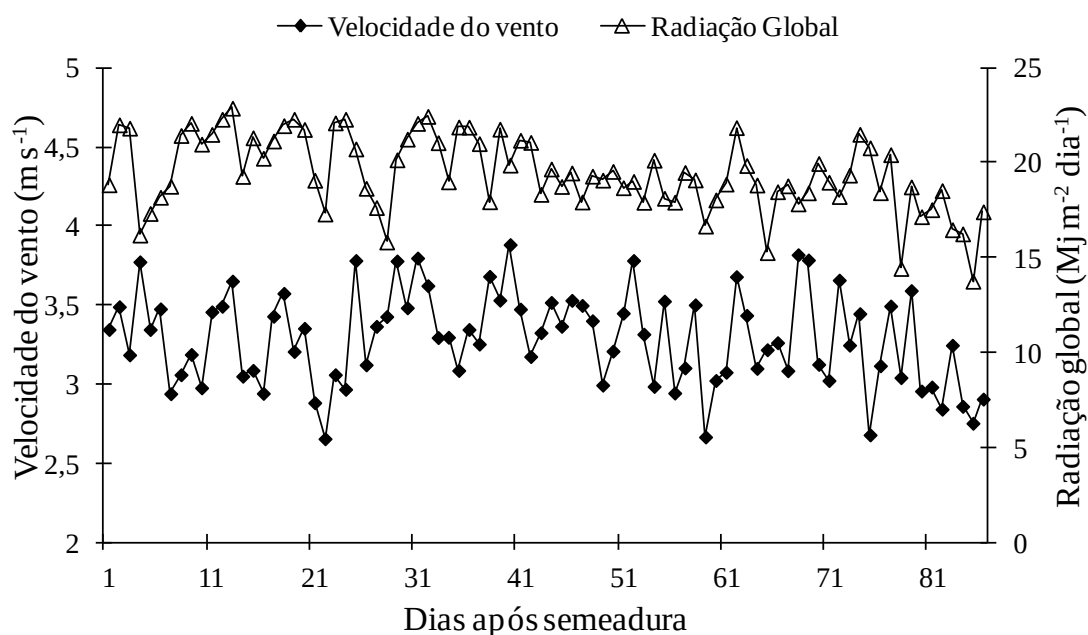


Figura 4. Valores da radiação global, e velocidade do vento no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013, medidos na estação climatológica da UFERSA. Mossoró-RN, 2013.

3.5 DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimativa com os dados meteorológicos da uma estação meteorológica automática pertencente a UFERSA. A equação utilizada para a estimativa da ET_o foi a de Penman-Monteith-FAO, (ALLEN et al., 2006).

$$ET_o = \frac{0,408(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} V_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34V_2)} \quad (3)$$

Onde:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;
Rn - saldo de radiação na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹;
G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;
T - temperatura média do ar a 2 m de altura, °C;
V₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;
e_s - pressão de saturação de vapor, kPa;
e_a - pressão real de vapor, kPa;
e_s - e_a - déficit de saturação do vapor, kPa;
Δ - declividade da curva de pressão de vapor, kPa·°C⁻¹;

γ - constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$.

As oscilações da E_{To} variaram de 5,06 a 8,23 mm dia^{-1} com uma média de 6,62 mm dia^{-1} , para o período considerado, conforme a (Figura 5).

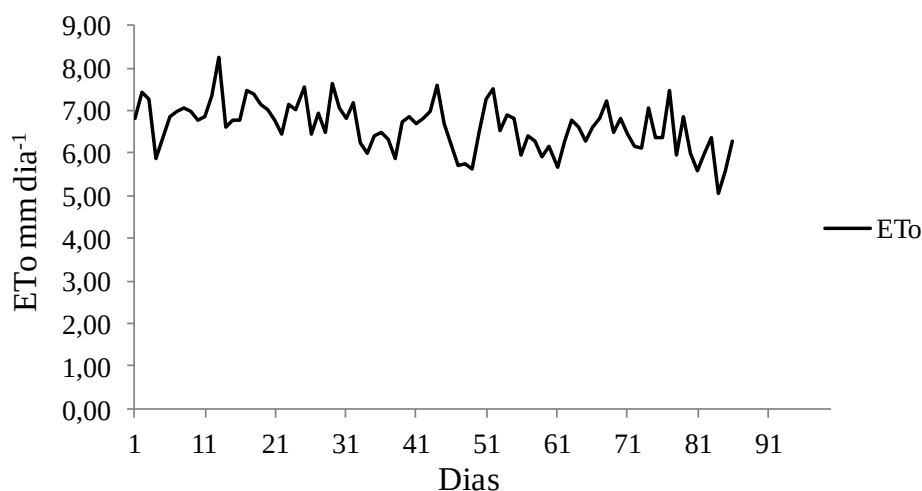


Figura 5. Variação da evapotranspiração de referência, no período de 13/10/ 2012 a 08/01/ 2013, medida na estação climatológica da UFERSA. Mossoró-RN, 2013.

A determinação do K_c foi determinado a partir de dados climáticos ao longo do ciclo foi pela metodologia do K_{cdual} da FAO, conforme Allen et al. (2006), e pela lisimetria de drenagem.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

No experimento, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram no uso de águas com dois níveis de salinidade, sendo uma de baixa salinidade ($CE=0,5 \text{ dS m}^{-1}$), como testemunha (L0), e outra salobra ($CE=3,5 \text{ dS m}^{-1}$), aplicada em quatro diferentes lâminas de irrigação (L1 a L4). As lâminas L0, L1, L2, L3 e L4 corresponderam, respectivamente, a 105; 65; 85; 105 e 125 % da ET_c determinadas conforme Allen et al. (2006) e ajustadas pelos dados coletados nos lisímetros da lâmina L0, considerada como a lâmina padrão para os demais tratamentos.

3.7 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A lâmina de irrigação foi à mesma, para todos os tratamentos, do dia da semeadura aos 30 dias após a semeadura (DAS). Sendo que os tratamentos L1, L2, L3 e L4 foram irrigados com água salobra $CE = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e o L0 foi irrigado com água de baixa salinidade $CE = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 3). A partir dos 30 dias o manejo da irrigação foi realizado com calculo e escala diária com lâminas diferenciadas (Figura 7). O cálculo de reposição da água foi realizado em base volume (L), pela diferença entre o irrigado e o drenado e pela ET_c do dia.

Os lisímetros foram irrigados através de vasos com mangueiras e delas saindo espaguete, sendo quatro por lisímetro (Figura 6 A), espaçados de 0,3 m. Na área externa aos lisímetros, foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores espaçados de 0,3 m, com vazão média de $1,02 \text{ L h}^{-1}$, sendo uma linha de gotejadores para cada fileira de plantas (Figura 6 B). O sistema tinha dois cabeçais de controle, sendo que cada um tinha manômetros para controle da pressão e no sistema e filtros de disco.

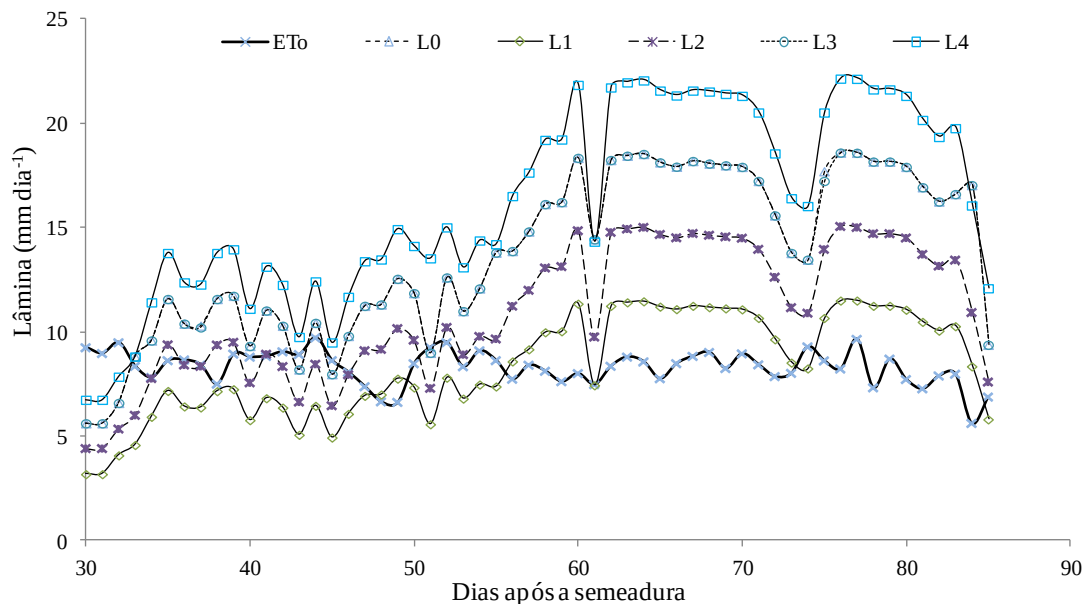


Figura 6. Valores médios diários da lâmina de irrigação aplicada e evapotranspiração de referência, durante o ciclo da cultura do quiabo cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.

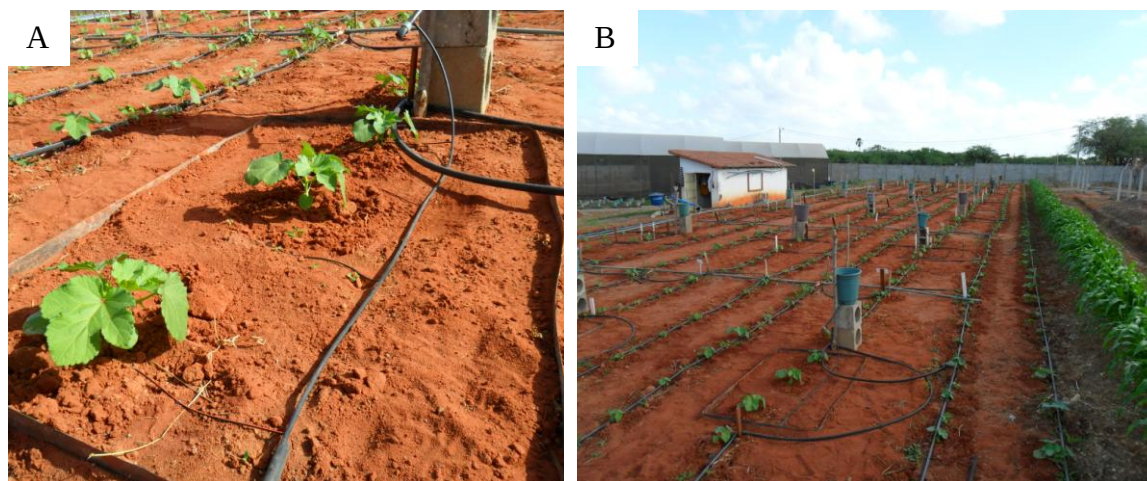


Figura 7. Sistema de irrigação utilizado no experimento, durante o ciclo, da cultura do quiabo cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.

Tabela 3. Características químicas das águas do Arenito Assu e do calcário Jandaira, utilizadas na irrigação, durante o experimento do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.

Origem da Água	pH	CEa (dS.m ⁻¹)	Cátions (mmol _c L ⁻¹)				Ânions (mmol _c L ⁻¹)			
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS
Arenítica	8	0,5	2	0,9	2,87	0,4	4	0,2	1,8	2,32
Calcária	7,1	5	14,34	18,16	9,6	0,68	5,2	-	9,2	2,38

3.8 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultivar de quiabo utilizado foi Santa Cruz 47, produzida pela Embrapa. A semeadura foi feita na cova e as parcelas experimentais foram constituídas por três fileiras de plantas, espaçadas 1,0 m entre as linhas e 0,6 m entre as plantas. Cada fileira tinha 5,0 m de comprimento e no lisímetro foram cultivadas três plantas, uma plantada no meio e as outras duas equidistando 0,6 m desta. Considerou-se como área útil para produção a fileira central e para a ETC o lisímetro. Foram consideradas como bordaduras as duas fileiras externas e 1,0 m em cada extremidade da fileira central. As unidades experimentais foram distribuídas na área de tal forma que a parte central de cada parcela continha um lisímetro.

O controle de pragas foi realizado através de aplicações de defensivos químicos sempre que necessário, durante todo o ciclo da cultura.

Foram realizadas adubação de fundação de acordo com a recomendação para cultura em regime de irrigação, utilizando-se 40 g de fosfato mono-amônico por metro linear. As adubações de cobertura seguiram a recomendação da literatura, aplicando-se 16 kg ha⁻¹ de NH₄SO₄, 320 kg ha⁻¹ de KCl, 86 L ha⁻¹ ácido nítrico e 180 kg ha⁻¹ de ureia.

As aplicações foram realizadas por fertirrigação, por meio de um injetor de fertilizante tipo tanque de derivação existente nos dois cabeçais de controle, que permitam aplicar os fertilizantes isoladamente para cada tipo de água.

3.9 BALANÇO HÍDRICO DO SOLO

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada utilizando-se o balanço hídrico aplicado a um volume de controle de solo para drenados semanais, sendo que o solo estava na capacidade de campo no momento do plantio. Em seguida foram quantificadas as entradas e as saídas de água e as variações de armazenamento de água no solo em cada lisímetro a partir da 5ª semana após a semeadura. A umidade do solo foi monitorada através de tensiômetros (Figura 9) nas profundidades de 12,5; 37,5 e 62,5 cm e das curvas de retenção de umidade.

O balanço hídrico foi realizado tomando-se como referência a equação, proposta por Reichardt e Timm (2004).

$$P + I \pm DS - ET \pm Q_z \pm \Delta A_z = 0 \quad (4)$$

Sendo a evapotranspiração da cultura (ET) estimada pela Equação 4.

$$ET = (P + I) - Q_z - \Delta A_z \quad (5)$$

onde:

P - precipitação pluviométrica (L/lisímetro);

I - irrigação (L/lisímetro);

DS - deflúvio superficial; considerado zero

ET - evapotranspiração (L/lisímetro);

Q_z - fluxo vertical (ascensão capilar ou drenagem profunda) (L/lisímetro) considerando-se apenas a drenagem;

ΔA_z - variação no armazenamento da água no solo (L/lisímetro).



Figura 8. Localização da bateria de tensiômetros nas profundidades de 12,5; 37,5 e 62,5 cm, utilizada para medir a tensão de água no solo no período de 30 a 90 DAS da cultura de quiabo, cultivar Santa Cruz 47. Mossoró-RN, 2013.

Desta forma, a evapotranspiração foi resultante da diferença entre o volume de água aplicada, possíveis chuvas ou irrigação, a variação de armazenamento de água no solo e o volume coletado nos reservatórios de drenagem. Isto foi considerado para os lisímetros que foram irrigados com lâminas em excesso, que proporcionaram percolação.

Com os resultados obtidos da evapotranspiração da cultura e de referência, foram calculados os coeficientes de cultura para os períodos semanais e para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, através da razão entre ET_c e ET_o .

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (6)$$

Os diferentes estádios de desenvolvimento foram divididos em quatro fases, conforme foi apresentado por (ALLEN et al., 2006):

Fase I: desde o momento do plantio até o ponto em que a cultura alcança aproximadamente 10% do seu desenvolvimento;

Fase II: inicia-se no final da fase I e termina em um ponto imediatamente antes da floração, que corresponde ao intervalo de 70 a 80% da cobertura vegetal;

Fase III: período de floração e frutificação.

Fase IV: frutificação e colheita.

A duração de cada fase fenológica foi obtida por interpolação dos dados da FAO para a primeira fase fenológica, com os obtidos por Paes et al. (2012).

3.10 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO

Para determinar acúmulo de sais no perfil, foram realizadas coletas de amostras de solo, a cada 10 dias, a partir da diferenciação dos tratamentos, 30 dias após a semeadura (DAS). As amostras foram coletadas a 0,25; 0,50 e 0,75 m de profundidade, colocadas para secar ao ar livre, destorroadas e peneiradas em tamis de 2 mm. Foram utilizadas as coletas realizadas aos 60 e 90 DAS para o perfil de salinidade do solo.

A condutividade elétrica do extrato do solo (CEes), foi determinada medindo-se a CE1:2,5 no sobrenadante da suspensão do solo. E para transformar a CE1:2,5 em CEes foram selecionadas 27 amostras de solo, coletadas a 0,25; 0,50 e 0,75 m de profundidade (9 por profundidade) realizaram-se a extração do extrato de saturação do solo e na solução solo-água 1:2,5 em cada um destes extratos, determinou-se a condutividade elétrica (CE) e analisaram-se os teores de cloreto (Cl^-), sódio (Na^+) e cálcio mais magnésio ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$). Com estes dados procederam-se análise de regressão obtendo-se equações para estimar seus valores no extrato de saturação do solo em função do extrato 1:2,5. As determinações foram realizadas conforme o manual de análise de solo da EMBRAPA (1997).

Para a estimativa da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) a partir da condutividade elétrica do extrato 1:2,5 (CE 1:2,5), obteve-se, independentemente da profundidade, a equação seguinte:

$$CEes = 5,15 \times CE_{1:2,5} + 0,4 \quad R^2 = 0,79 \quad (7)$$

Os parâmetros da equação de estimativa do cloreto do extrato do solo, foi a partir da relação entre o Cl^- do extrato com a CEes do extrato, estimando o cloreto no extrato de saturação do solo (Cl^-_{es}) a partir do cloreto na solução 1:2,5 ($\text{Cl}^-_{1:2,5}$) Dantas et al., (2005) obteve-se a equação seguinte:

$$\text{Cl}^-_{es} = 8,06 \times \text{Cl}^-_{1:2,5} + 2,17 \quad R^2 = 0,94 \quad (8)$$

Para fazer a correlação do Na e Ca+Mg da solução 1:2,5 com o Na e Ca+Mg do extrato do solo, desenvolveram-se equações através de regressão linear e pelo método do eixo principal reduzido, conforme Dantas et al. (2005), estimando o Na e Ca+Mg a partir da CEes.

$$\text{Na}_{es} = -3,08 + 7,68 \times CEes \quad R^2 = 0,95 \quad (9)$$

$$(\text{Ca} + \text{Mg})_{es} = -1,12 + 3,65 \times CEes \quad R^2 = 0,89 \quad (10)$$

A relação de adsorção de sódio (RAS) foi calculada a partir da relação do Na^+ com o $(Ca^{++} + Mg^{++})$ do extrato, conforme a seguinte equação:

$$RAS = \frac{Na^+}{[(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{0,5}} \quad (11)$$

3.11 PRODUÇÃO E ÍNDICE ÁREA FOLIAR

Para avaliar a produção de frutos frescos, foram realizadas coletas a cada dois dias, nas plantas cultivadas dentro do lísímetro, coletando-se os frutos com 10 cm de comprimento, que foram colocados em sacos plásticos para não perder umidade, sendo levados para o Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFERSA para contar o número de frutos, que posteriormente, eram pesados em balança precisão de 0,01 g.

Para determinar a área foliar (AF) foram, realizadas, coletas destrutivas das plantas, aos 60, 70, 80 e 90 DAS, através do método do disco foliar, conforme Sousa et al. (2012). Foram retiradas as folhas frescas e pesadas em balança com precisão 0,01 g, tendo sido retiradas uma amostra de folhas. Por meio de um vazador de área conhecida, determinou-se a área do disco foliar (ADF), que posteriormente foi colocado em sacos de papel identificados em outros sacos colocou-se as folhas para secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C até atingissem o peso constante. Numa balança com precisão de 0,01 g, determinou-se a massa seca da folha (MSF) em balança da marca semi-analítica de precisão de 0,001 g massa seca de disco foliar (MSDF). A área foliar foi estimada somando-se a MSF com MSD e multiplicando-se pela ADF e dividindo-se pela MSDF. O índice de área foliar (IAF) foi obtido dividindo a AF pela área ocupada pela a planta (AP), proposta por Benincasa (1988).

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \times ADF]}{MSDF} \quad (cm^2) \quad (12)$$

$$IAF = \frac{AF}{A} \quad (m^2 \quad m^{-2}) \quad (13)$$

Todos os dados de produção, índice de área foliar e de salinidade do solo foram submetidos à análise de variância, e os resultados significativos foram interpretados por análise de regressão, o software estatístico empregado foi o Saeg.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.6 EVOLUÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO

Observa-se através dos resumos das análises de variância (Tabela 4), que houve efeito significativo das lâminas, dias após a semeadura (DAS) e da interação lâminas versus DAS ($p < 0,01$) para CEes, Cl^- , Na^+ e RAS, sendo que os maiores valores médios destas características foram encontrados no L1 do início ao fim do ciclo da cultura, podendo ser atribuído ao déficit hídrico e a irrigação com água salina. Junior et al. (2007) trabalhando com feijão irrigado com água salina, observaram maior incremento na salinidade do solo quando era irrigado sem fração de lixiviação.

Tabela 4. Resumos das análises da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), Cloreto (Cl^-), do Sódio (Na) e da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) na camada de 0 a 0,75 m de profundidade, no cultivo do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		CEes	Cl^-	Na^+	RAS
LÂM	4	12,66**	678,14**	746,53**	45,74**
ERRO(A)	12	0,85	57,79	49,95	3,42
DAS	6	10,43**	549,19**	614,92**	30,40**
LÂM*DAS	24	13,17**	198,17**	187,11**	10,65**
RESÍDUO	93	0,59	37,63	34,89	1,57
CV(%)		24,62	25,23	28,25	14,00

** Significativo a 1% de probabilidade de “F”; CV = coeficiente de variação.

Na (Tabela 5) observa-se que CEes não diferiu estatisticamente em todos os tratamentos aos 30 DAS. No decorrer do ciclo, o tratamento L1 foi o que apresentou o maior valor médio de CEes ($6,04 \text{ dS m}^{-1}$) aos 80 DAS. Conforme Soomro et al. (2012), trabalhando com quiabo irrigado com água salina, observaram que o solo não salino pode ser tornar salino ou salino-sódico, mesmo que a água seja de boa qualidade, em condições de má drenagem, podendo ocorrer a salinização do solo.

No tratamento L0 foram encontrados os menores valores médios de CEes durante o ciclo, sendo a baixa condutividade elétrica da água e a lâmina excedente aplicada responsáveis por este comportamento.

Tabela 5. Valores médios da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) na camada de 0 a 0,75 m de profundidade, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0, L1, L2, L3 e L4 no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.

DAS	CEes				
	LÂMINAS				
	L0	L1	L2	L3	L4
30	3,52Abcd	2,88Ac	2,34Ac	2,98Abc	2,30Aab
40	3,06ABd	2,53ABc	2,08ABc	1,28Bc	1,60ABb
50	1,49Bcd	2,84ABc	2,94ABbc	2,94ABbc	3,13ABab
60	1,54Bbcd	3,68ABbc	3,6ABabc	2,67ABbc	3,54ABab
70	1,45Bbcd	3,81Abc	4,82Aabc	3,83Aabc	3,35Aab
80	1,94Ca	6,04ABab	4,71ABabc	5,38ABab	3,83Bab
90	1,40Cbcd	4,53ABabc	4,36ABabc	4,12ABCabc	2,72BCab
Médias	2,06	3,76	3,56	3,31	2,93

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na (Figura 9) observa-se que o maior valor médio de CEes ocorreu aos 80 DAS em todos os tratamentos, provavelmente, devido a evapotranspiração, causando a diminuição da umidade no solo e elevando a concentração de sais na solução. No tratamento L4 observou-se as menores médias de CEes durante o ciclo, isso ocorreu devido a maior lamina de irrigação aplicada de 125% da ETc, causando a lixiviação dos sais no solo, em função da drenagem, conforme Barros et al. (2005) estudando a recuperação de solo afetado por sais, usando água de qualidade inferior, observaram que maiores lâminas aplicadas diminuíram a CEes do solo.

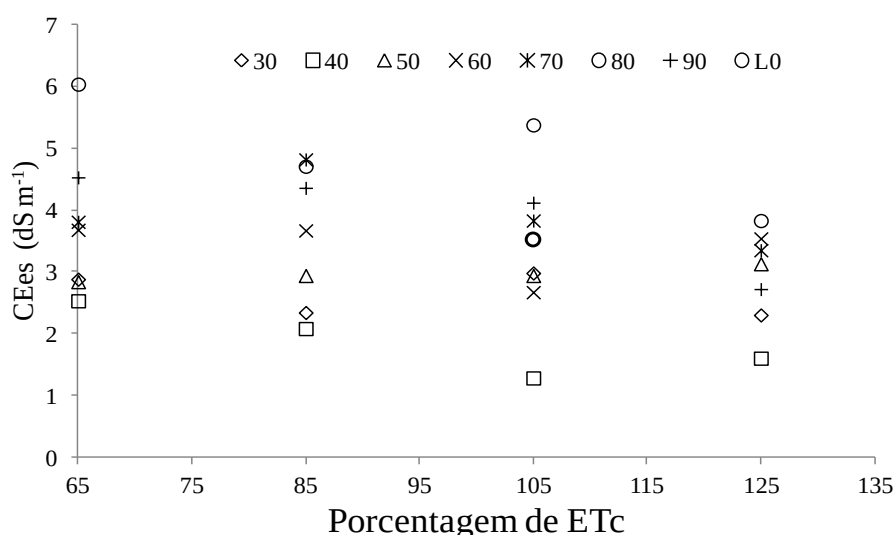


Figura 9. Condutividade Elétrica média do Extrato de saturação do solo (CEes) para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e CEes média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Na (Figura 10), observa-se que a salinidade aumentou até os 80 dias após a semeadura, nos tratamentos L1, L2, L3 e L4, com valores médios de 6,04; 4,71, 5,38, 3,83 dS m⁻¹ respectivamente, sendo que o L1 apresentou os maiores valores durante o ciclo. Este incremento na CEes pode ser atribuído a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) 3,5 dS m⁻¹ e a lâmina deficitária de 65% da ETc e a evapotranspiração mais elevada na época de análise, que causou a diminuição da umidade do solo e aumentou a concentração dos sais na solução do solo.

A salinidade em todos os tratamentos ajustou-se mais adequadamente ao modelo cúbico. Observando-se pequena variação inicial, sendo que os incrementos na CEes ocorreram dos 40 aos 80 DAS, devido a aumentos da ETc que causou a diminuição da umidade do solo, mesmo nas maiores lâminas, isso ocorreu em função da quantidade de sais adicionado a cada incremento de lâmina durante o ciclo. Porto Filho et al. (2011) trabalhando com o meloeiro irrigado com água salina, verificaram que quando a salinidade da água foi incrementada mais cedo (30 DAS) a salinidade média do solo aumentou até os 50 DAS e depois decresceu até final da calheta (70 DAS).

No tratamento L4 125% da ETc, observou-se os menores valores médios de CEes durante o experimento, isso se deve, provavelmente, a lixiviação dos sais, causada pela lâmina excedente, Junior et al. (2007) trabalhando com feijão de corda, observaram que frações de lixiviação diminuem a salinidade do solo.

No tratamento L0 observou-se que a CEes diminuiu durante o ciclo devido a irrigações com água doce (CE de 0,5 dS m⁻¹) e a lâmina aplicada que causou a lixiviação no lísímetro.

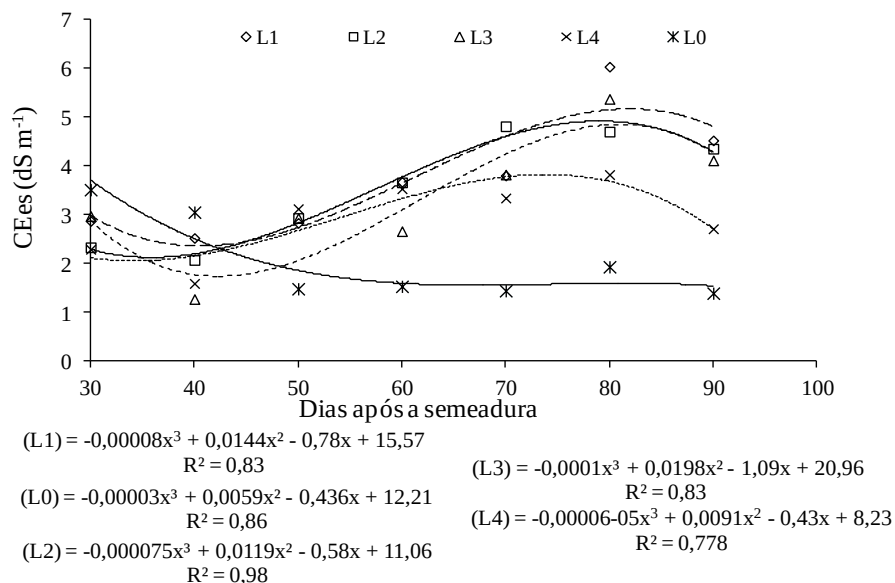


Figura 10. Evolução da salinidade média do solo, CEes, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Na Tabela 6, observa-se que o Cl^- apresentou comportamento semelhante à CEes, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos, aos 30 DAS. No decorrer do ciclo, o tratamento L1 foi o que apresentou os maiores valores médios de Cl^- e, 45,79 meq L^{-1} aos 80 DAS. Conforme Soomro et al. (2012), a irrigação com água salina aumenta a CEes do solo e, consequentemente, o teor de cloreto. Mesmo que a água seja de boa qualidade, em condições de má drenagem, pode ocorrer à salinização do solo.

No tratamento L0 Tabela 6, observou-se que o Cl^- diminuiu dos 30 dias até o fim do ciclo, sendo a baixa condutividade elétrica da água e a lâmina aplicada excedente responsáveis por este comportamento.

Tabela 6. Valores médios de cloreto (Cl^-) do solo, na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0 (105% da ETc) irrigado com água boa e L1, L2, L3 e L4 (65, 85, 105, e 125% da ETc , respectivamente) irrigado com água salobra, no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.

DAS	Cl^-				
	LÂMINAS				
	L0	L1	L2	L3	L4
30	29,76Abc	22,16Abc	17,73Ac	23,16Abc	18,26Aab
40	24,80ABc	20,19ABc	16,94ABc	11,09Bc	13,47ABb
50	11,64Ac	21,88Abc	22,14Abc	22,76Abc	23,38Aab
60	12,28Bbc	27,43ABbc	28,04ABabc	20,61ABbc	27,23ABab
70	11,33Bbc	30,40Abc	37,57Aabc	30,53Aabc	26,08Aab
80	15,02Ca	45,79ABab	35,58ABabc	40,16ABab	29,70Bab
90	10,67Cbc	34,91ABabc	33,74ABabc	32,90ABCabc	21,54BCab
Médias	16,5	28,96	27,39	25,88	22,81

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

As concentrações de Cl^- (Figura 11), apresentaram os maiores valores aos 80 DAS. Sendo que no tratamento L1 observou-se o maior valor médio durante o ciclo. Sendo que altas concentrações de cloreto no solo podem causar toxidez as culturas, diminuindo a produção, conforme Ünlükara et al. (2008), trabalhando com o quiabeiro irrigado com água salina, observaram que a produção diminuiu de forma linear com o aumento percentual de cloreto.

Segundo Dias e Blanco (2010) o efeito toxico do cloreto nas plantas é observado pela queima do ápice da folha, sendo que em culturas sensíveis, concentrações de 0,3 e 1,0% de cloreto em base peso seco das folhas, causam efeito tóxico.

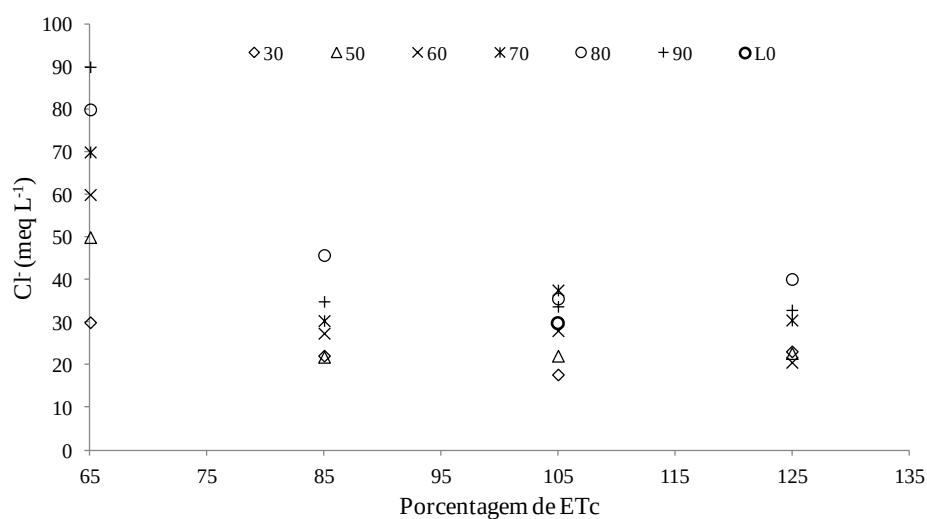


Figura 11. Concentração média do cloreto no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias

após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Na concentração de Cl^- (Figura 12), observou-se que houve efeito cúbico em relação às épocas analisadas, observando pequena variação inicial e a partir dos 40 DAS ocorreu incremento do cloreto em todos os tratamentos irrigados com água salina, sendo que os maiores valores médios ocorreram aos 80 DAS e em seguida decresceu até os 90 DAS, devido à diminuição da evapotranspiração, por causa da senescência das plantas no final do ciclo.

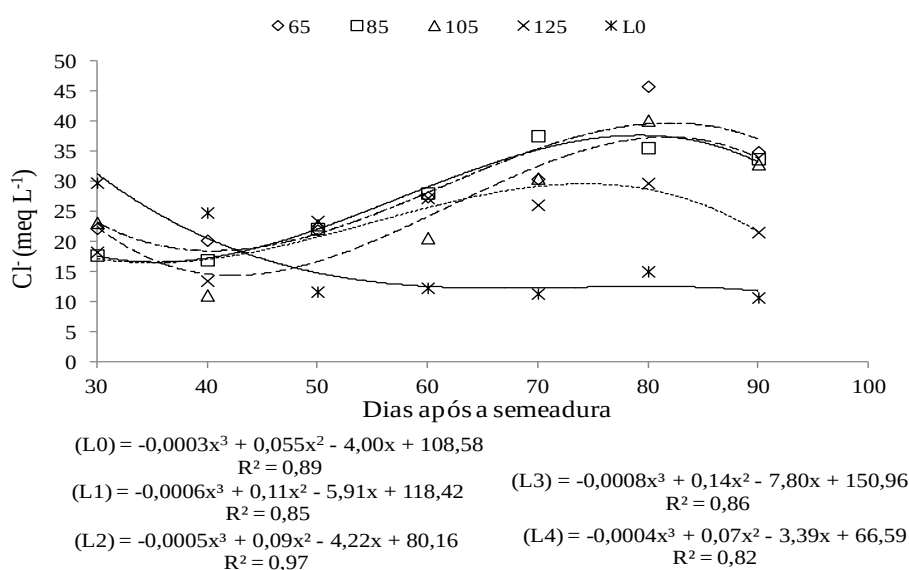


Figura 12. Evolução do cloreto, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Na Tabela 7, observa-se que o Na^+ apresentou comportamento semelhante à CEes, não diferindo estatisticamente em todos os tratamentos, aos 30 DAS. No decorrer do ciclo, o tratamento L1 foi o que apresentou o maior valor médio de Na^+ 43,28 $\text{cmol}_c \text{ L}^{-1}$ aos 80 DAS, isso ocorreu em função da irrigação com água salina, que aumentou a salinidade da solução do solo. Conforme verificado por Ferreira et al. (2011) estudando a salinização do solo cultivado com meloeiro e irrigado com resíduo de caranguejo, observaram aumento linear no teor de Na^+ a cada aumento percentual do resíduo.

Tabela 7. Valores médios de sódio (Na) do solo, na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0 (105% da ETc) irrigado com água boa e L1, L2, L3 e L4 (65, 85, 105, e 125% da ETc, respectivamente) irrigado com água salobra, no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.

DAS	Na ⁺				
	LÂMINAS				
	L0	L1	L2	L3	L4
30	23,93Abcd	19,02Ac	14,91Ac	19,82Abc	14,61Aab
40	20,39ABd	16,31ABc	12,93ABc	6,75Bc	9,24ABb
50	8,37Bcd	18,73ABc	19,49ABbc	19,53ABbc	20,95ABab
60	8,76Bbcd	25,20ABbc	25,10ABabc	17,42ABbc	24,11ABab
70	8,08Bbcd	26,20Abc	33,97Aabc	26,37Aabc	22,67Aab
80	11,79Ca	43,28ABab	33,13ABabc	38,23ABab	26,35Bab
90	7,70Cbcd	31,73ABabc	30,42ABabc	28,53ABCabc	17,82BCab
Médias	12,71	25,78	24,27	22,37	19,39

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na (Figura 13) observa-se que o maior valor médio de Na⁺ ocorreu aos 80 DAS, como se observou na CEes, em todos os tratamentos, provavelmente, devido a evapotranspiração, causando a diminuição da umidade no solo e elevando a concentração de sais na solução. Sendo que o Na⁺ aumenta de forma linear em relação a salinidade, conforme vários autores, Ferreira et al. (2011), Dias e Blanco (2010) e Ünlükara et al. (2008).

No tratamento L4 correspondente a 125% da ETc, ocorreu os menores valores médios de CEes durante o experimento, isso se deve, provavelmente, a lâmina excedente que causou a lixiviação dos sais.

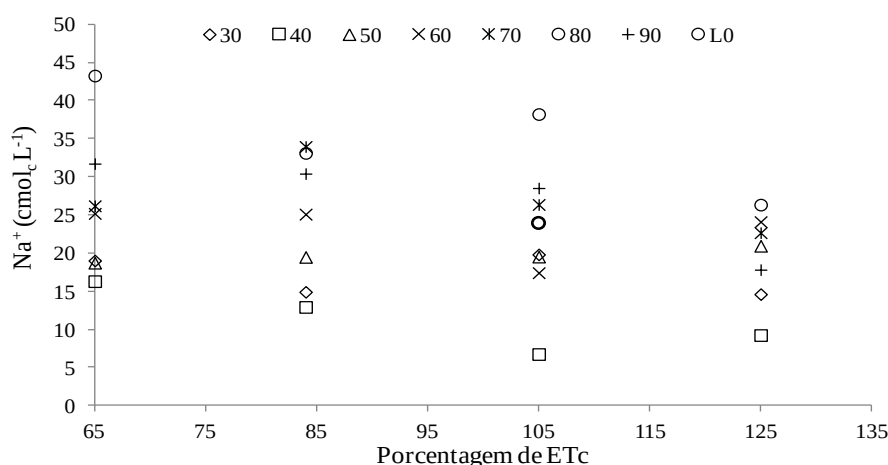


Figura 13. Concentração média do sódio no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

O teor de Na^+ (Figura 14), observou-se que houve efeito cúbico em relação às épocas analisadas, observando-se pequena variação inicial e a partir dos 40 DAS o sódio aumentou em todos os tratamentos irrigados com água salina, onde os maiores valores médios ocorrem aos 80 DAS e em seguida decresceu até os 90 DAS, devido a diminuição da evapotranspiração, por causa da senescência das plantas no final do ciclo. O sódio pode causar a dispersão da argila do solo, alterando a estrutura e diminuindo a permeabilidade do solo (DIAS e BLANCO, 2010).

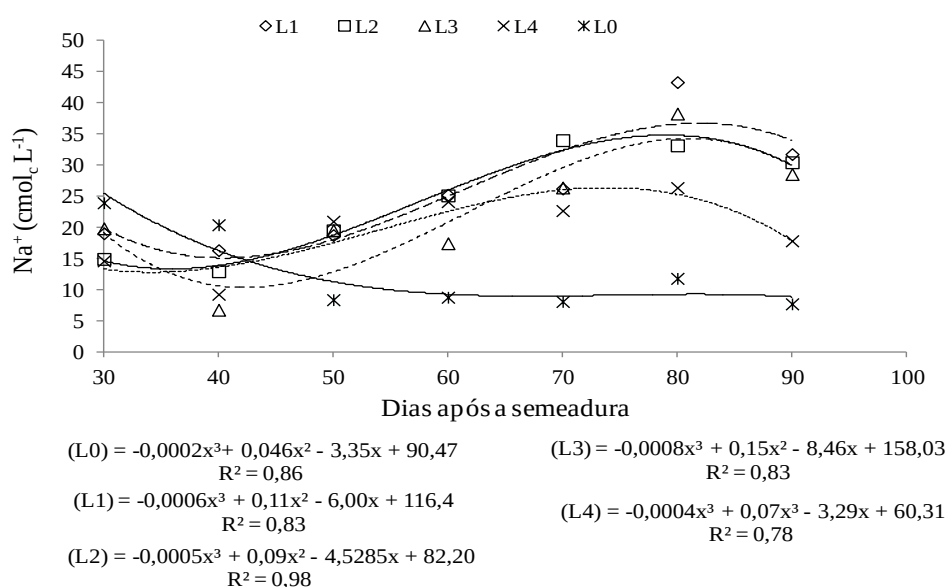


Figura 14. Evolução do sódio, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ET_c , respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ET_c , no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Observa-se na Tabela 8 que a RAS apresentou comportamento semelhante à CEes não diferindo estatisticamente em todos os tratamentos aos 30 DAS. No decorrer do ciclo os tratamentos L1, L2 e L3 apresentaram os maiores valores médios de RAS, de 13,28; 11,58 e 12,32 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$, respectivamente, aos 80 DAS, isso pode ser atribuído a maior evapotranspiração que diminuiu a umidade do solo e ao aumento das lâminas de irrigação com água salina que adicionaram sais no solo. Conforme Soomro et al. (2012) a irrigação com água salina incrementa CEes e a RAS e muda a classificação de um não salina a salino-sódico, uma das características usadas para classificar o solo em salino ou salino-sódico. Sendo que a salinidade causa redução na produção e crescimento das culturas. Conforme verificado por Silva et al. (2006), trabalhando com quiabeiro

irrigado com água salina, observaram redução do crescimento em altura, diâmetro do caule e área foliar.

No tratamento L0 (Tabela 8) foram encontrados os menores valores médios de RAS durante o ciclo, sendo a baixa condutividade elétrica da água e a lâmina excedente aplicada responsável por este comportamento.

Tabela 8. Valores médios de relação de adsorção de sódio (RAS) no solo na camada de 0 a 0,75 m, a 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura para os tratamentos L0, L1, L2, L3 e L4 no cultivo do quiabeiro, Mossoró-RN, 2013.

DAS	RAS				
	LÂMINAS				
	L0	L1	L2	L3	L4
30	9,23 Abc	8,51 Ac	7,34 Acd	8,61 Ab	7,03 Abc
40	8,87ABCd	7,58 ABCc	7,10b ABCd	4,91 Cc	5,92 BCc
50	5,57 Bc	8,46 Ac	8,70 Abcd	8,80 Ab	9,09 Aabc
60	5,66 Bbc	9,98 Abc	9,84 Aabcd	8,27 Ab	9,67 Aabc
70	5,32 Bbc	9,90 Abc	11,69 Aabc	10,27 Aab	9,48 Aabc
80	6,57 Ca	13,28 ABab	11,58 ABabc	12,32b ABab	10,28 Babc
90	5,31 Cbc	11,18 ABabcd	11,04 ABabcd	10,58 ABab	8,26 Babc
Médias	6,48	9,84	9,61	9,11	8,53

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na (Figura 15) observa-se que o maior valor médio de RAS ocorreu aos 80 DAS em todos os tratamentos devido a CEes ao Na^+ que aumentaram no período, em função da maior evapotranspiração que causou a diminuição da umidade no solo e elevando a concentração de sais na solução.

No tratamento L4 observou-se as menores médias da RAS durante o ciclo, isso ocorreu devido a maior lâmina de irrigação aplicada de 125% da ETc , causando a lixiviação dos sais no solo, em função da drenagem, conforme Barros et al. (2005) estudando a recuperação de solo afetado por sais, usando água de qualidade inferior, observaram que maiores lâminas aplicadas diminuíram a CEes do solo. Como a RAS é uma característica usada para fazer a classificação do solo, observos que as lâminas excedentes o solo moderadamente salino.

A RAS (Figura 16) em todos os tratamentos ajustou-se mais adequadamente ao modelo cúbico. Observando-se pequena variação inicial, sendo que os incrementos na RAS ocorreram dos 40 aos 80 DAS, depois decresceu até os 90 DAS, devido a aumentos da ETc que causou a diminuição da umidade do solo, mesmo nas maiores lâminas, isso ocorreu em função da quantidade de sais adicionado cada incremento de lâmina durante o ciclo. Conforme Lima et al. (2012), trabalhando com lâmina de

irrigação com água salina, observaram aumentos da RAS com os incrementos de lâminas de irrigação em Latossolo e Cambissolo.

O decréscimo da RAS no final do ciclo ocorreu em função da diminuição da ETc causada pela senescência da planta, que diminuiu o consumo de água, fazendo com ocorresse um maior acúmulo de água no solo, diminuindo a concentração de sais na solução do solo.

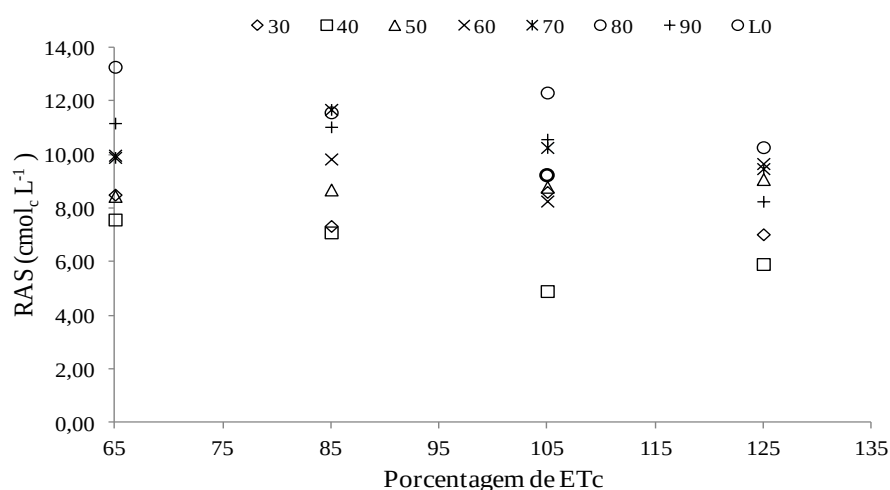


Figura 15. Variação da relação de adsorção de sódio (RAS) no solo, para os tratamentos com 65, 85, 105 e 125% da ETc utilizando água salobra, determinada aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após semeadura (DAS) e média geral do tratamento com 105% da ETc irrigado com água boa (L0), no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

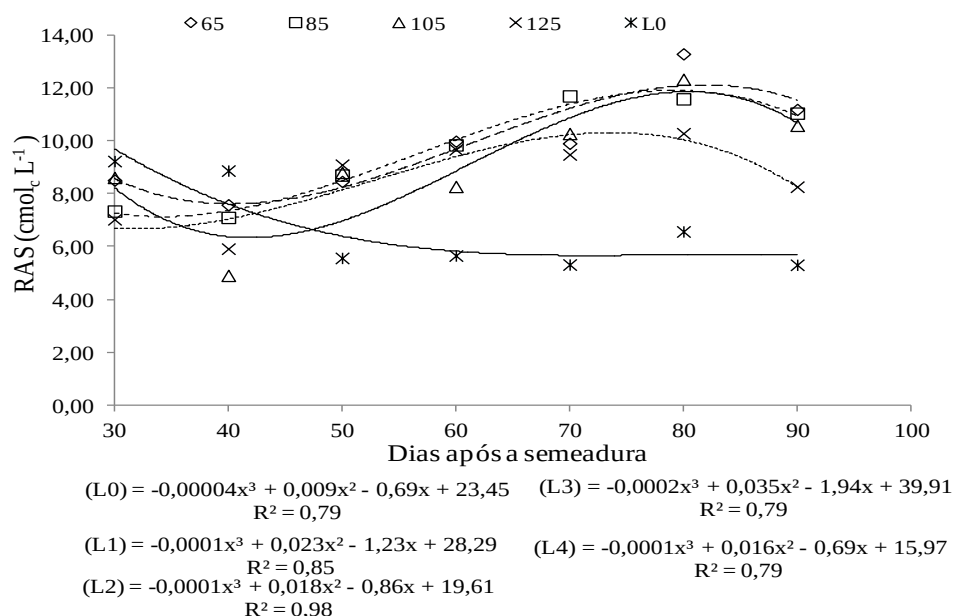


Figura 16. Evolução da relação de adsorção de sódio (RAS) no solo, para os tratamentos irrigados com água salobra, L1, L2, L3 e L4, correspondentes a 65, 85, 105 e 125% da ETc, respectivamente, e para o tratamento irrigado com água boa, L0, correspondente a 105% da ETc, no quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, Mossoró-RN, 2013.

Na (Figura 17 A), observa-se aos 60 DAS que a CEes no tratamento L0 apresentou os menores valores médios nas três profundidades. Sendo que nos tratamentos L1, L2, L3 e L4 observou-se maiores valores médios de CEes na profundidade de 0-25 cm, isto pode ser atribuído a maior evaporação da água da camada superficial do solo e a extração de água pela planta devido o maior volume de raiz nessa profundidade. Aos 90 DAS (Figura 17 B), a CEes aumentou nos tratamentos L1 e L2 e diminuiu no L3 e L4 nas três profundidades, respectivamente, isso ocorreu, provavelmente, devido as lâminas de irrigação. Sendo que as deficitárias não supriram a demanda hídrica da cultura, causando a diminuição da umidade do solo e concentrando os sais na solução do solo. Já no L3 e L4 a salinidade diminuiu devido as maiores lâminas que causaram a lixiviação dos sais no perfil do solo. Sarmento (2011) trabalhando com girassol irrigado com água salina em diferentes lâminas, verificaram após 31 DAS incrementos na salinidade do solo na profundidade de 0-15 cm.

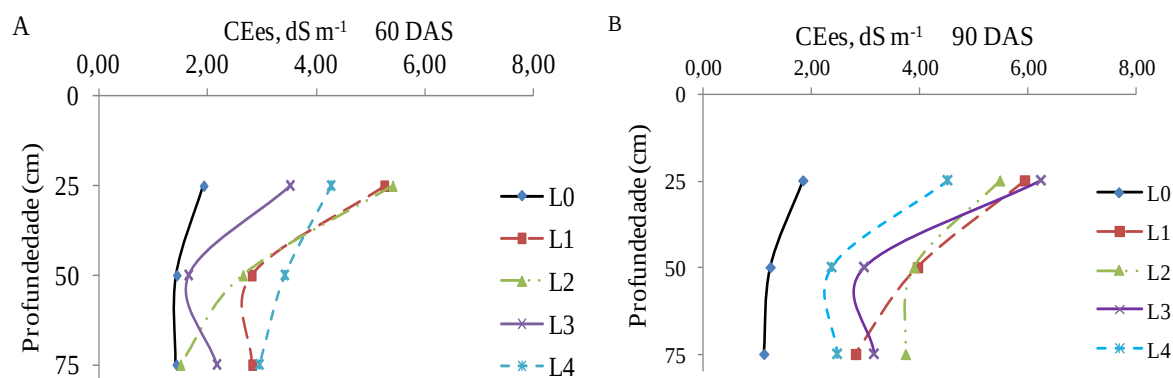


Figura 17. Perfis de salinidade do solo nas camadas de 0-25; 25-50 e 50-75 cm, expressos em condutividade elétrica do extrato (CEes) aos 60 e 90 dias após a semeadura do quiabeiro na área experimental na cidade de Mossoró-RN, 2013.

4.1 TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO

A tensão matricial diário apresentou oscilações em função da variação da lâmina de água aplicada em cada irrigação calculada pela metodologia da FAO e ajustada pelo consumo hídrico diário. Para o tratamento padrão.

No tratamento L0 (Figura 18), verificou-se na profundidade de 12,5 cm os maiores valores de tensão matricial, provavelmente, devido o maior consumo hídrico da cultura provocado por maior volume de raiz e da evaporação da água próximo à superfície do solo. Nas profundidades de 37,5 e 62,5 cm as tensões matriciais apresentaram valores semelhantes e inferiores ao da profundidade de 12,5 cm. Provavelmente, devido às lâminas aplicadas objetivarem provocar lixiviação nos lisímetros, aumentando a umidade nessas camadas inferiores.

No tratamento L1 (Figura 19) a tensão matricial apresentou pequena diferença entre as três profundidades, até os 50 DAS. A partir dos 50 DAS a tensão matricial nas profundidades de 37,5 e 62,5 cm aumentaram em relação à camada superficial, atingindo um valor máximo de 13,93 kPa aos 66 DAS na maior profundidade. Isso se deu, provavelmente, devido a lâmina aplicada neste tratamento L1, equivalente a 65 % da ETc da cultura, ao ser retida e consumida na camada superficial, diminuiu o fluxo de drenagem para a maior profundidade.

Para o tratamento L2 (Figura 20) correspondente a 85 % da lâmina aplicada em L0, a tensão matricial na profundidade de 62,5 cm apresentou, inicialmente, valores baixos, que aumentaram a partir dos 50 DAS, alcançando valores semelhantes ao da profundidade de 12,5 cm dos 60 aos 70 DAS e diminuindo até o final do ciclo. Isto ocorreu, provavelmente, devido o maior consumo de água da cultura dos 50 aos 70 DAS e menor consumo na maturação dos frutos, período dos 70 aos 80 DAS. Mesmo assim, o teor de umidade na camada mais profunda para esta lâmina foi superior ao verificado para a lâmina L1.

Durante todo o experimento, no tratamento L3 (Figura 21), 105 % da ETc em L0, a tensão matricial nas profundidades de 12,5 e 37,5 cm apresentaram-se superiores a de 62,5 cm. Os menores valores de tensão na profundidade 62,5 cm indicam que a água aplicada com a lâmina L3 foi suficiente para atender a demanda da cultura através das duas camadas superficiais e ainda drenar.

No tratamento L4 (Figura 22) que corresponde a 125 % da ETc em L0, verificou-se menor tensão matricial nas duas camadas mais profundas durante todo o

ciclo. O consumo de água pelas plantas não foi capaz de diminuir a umidade do solo das camadas mais profundas. Na camada intermediária os valores de tensão matricial foram inferiores os verificados para o tratamento L3, indicando excesso de umidade.

Todos os valores de tensão matricial do presente trabalho apresentam-se inferiores aos encontrados por Paes et al. (2012) que observaram tensão média para a profundidade de 15 cm de 20 kPa e de 27 kPa na profundidade de 45 cm. No entanto devemos considerar que no trabalho acima citado o solo era um Cambissolo de origem fluvial, mais pesado do que o do experimento atual e foi irrigado com menor frequência através de aspersão convencional.

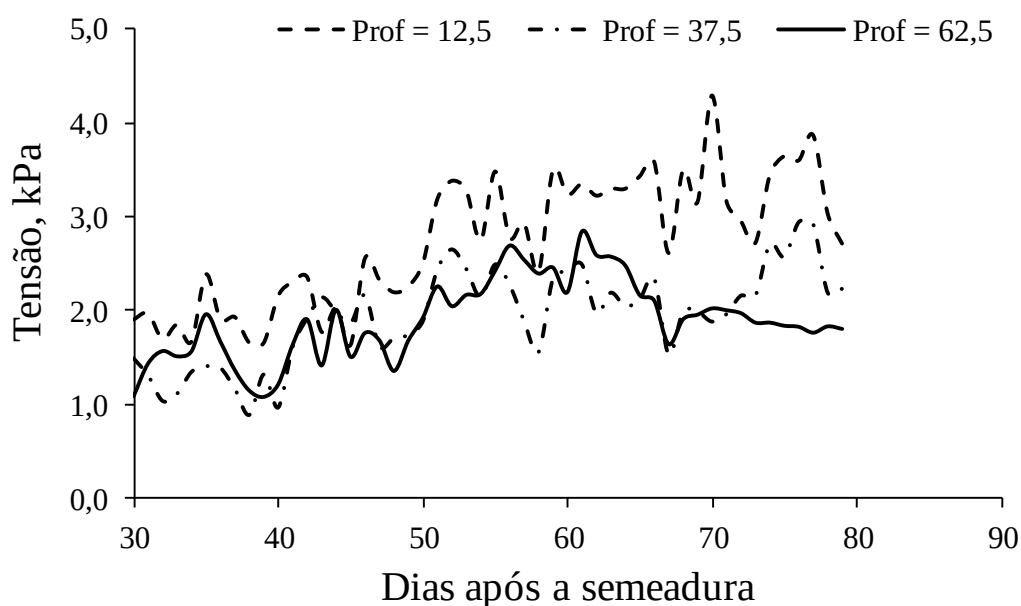


Figura 18. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L0, Mossoró-RN, 2013.

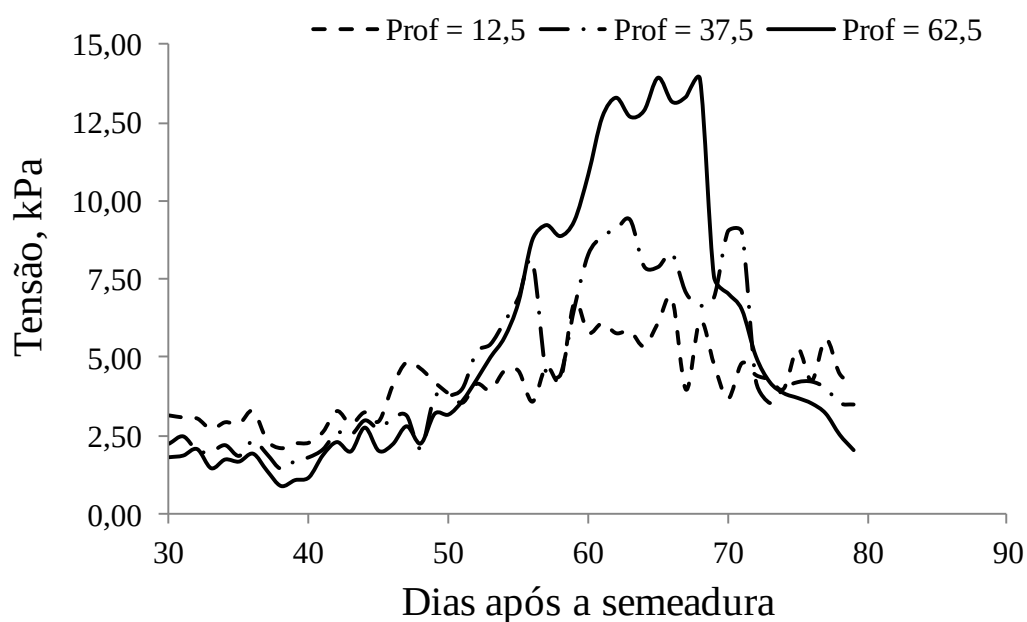


Figura 19. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L1, Mossoró-RN, 2013.

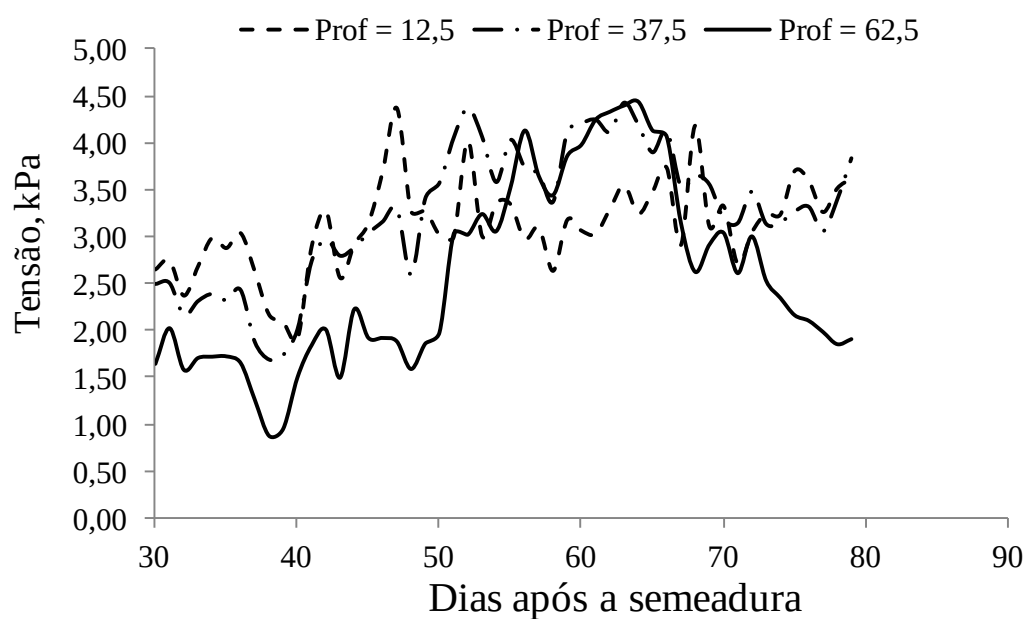


Figura 20. Tensão matricial diário do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L2, Mossoró-RN, 2013.

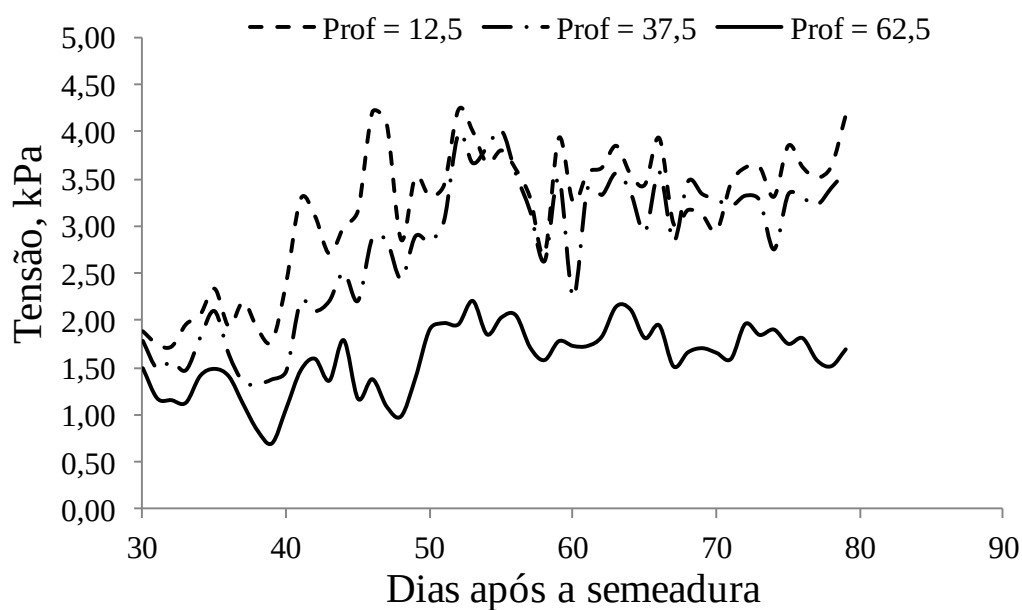


Figura 21. Tensão matricial diária do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L3, Mossoró-RN, 2013.

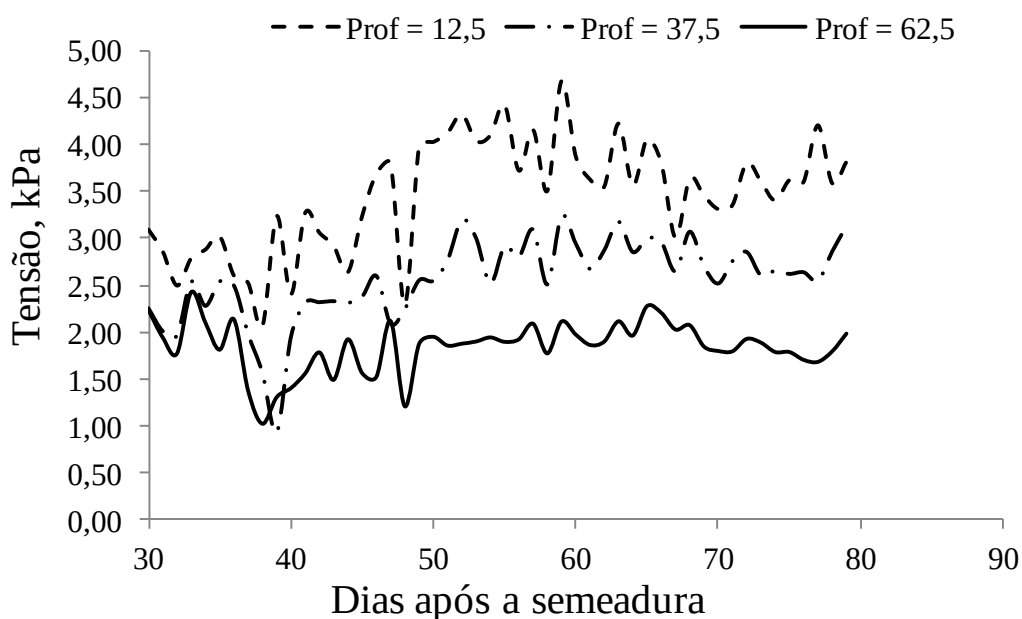


Figura 22. Tensão matricial diária do solo nas profundidades 12,5, 37,5 e 62,5 cm, medido, no período de 30 a 80 dias após a semeadura do quiabeiro, para o tratamento L4, Mossoró-RN, 2013.

4.2 BALANÇO HÍDRICO

Na Tabela 4, observa-se que o maior consumo ocorreu na 10ª semana para todos os tratamentos. O consumo hídrico total do quiabeiro no tratamento padrão L0, a partir

5ª semana até o final do ciclo, medido no lisímetro, foi de 424,54 mm. O estimado pela metodologia da FAO para este período foi de 483,33 mm e nas quatro primeiras semanas estimou 137,64 mm, com consumo hídrico durante todo o ciclo 620,97 mm por esta metodologia. As médias diárias de consumo hídrico determinados pelo lisímetro e estimado pela metodologia da FAO, a partir da 5ª semana foi de 7,45 e 7,92 mm dia⁻¹, respectivamente. Paes et al.(2012), estudando a demanda hídrica da cultivar de quiabeiro Santa Cruz 47, verificaram um consumo hídrico de apenas 314 mm durante todo o ciclo da cultura.

Nos tratamentos L1 e L2 observam-se as menores médias semanais de ET_c durante todo o período considerado, sendo que as maiores médias ocorreram nas 9ª e 10ª semanas, esse comportamento da ET_c pode ser atribuído ao déficit hídrico causado pela lâmina deficitária e pela a água de irrigação com CE de 3,5 dS m⁻¹, que causou aumento da CEEs da solução do solo.

Os tratamentos L0 e L3 apresentaram valores médios de ET_c semelhantes durante o experimento, apesar de serem irrigados com águas de condutividade elétricas diferentes, a lâmina aplicada no L3 causava a lixiviação no lisímetro o que pode, provavelmente, ter atenuado o efeito da salinidade sobre as plantas, fazendo com que elas mantivessem ET_c próximo a normalidade.

No tratamento L4 ocorreu as maiores médias de ET_c semanal, no período de estudo, esse comportamento pode ser atribuído a maior lâmina aplicada 125% da ET_c do L0, que causou lixiviação no lisímetro durante todo o ciclo da cultura. A lâmina excedente causou a lixiviação dos sais no solo e atenuou o efeito da salinidade da água de irrigação.

Nos tratamentos L1 e L2 observam-se os maiores valores médios de variação de armazenamento de água no perfil do solo, esse comportamento pode ser atribuído a lâmina deficitária aplicada, os valores negativos de armazenamento foi provavelmente em função da irrigação realizada todos os dias.

Nos tratamentos L0, L3 e L4 observam-se os menores valores médios de variações de armazenamento de água no perfil do solo, esse comportamento pode ser em função das maiores lâminas aplicadas. Os valores negativos observados nestes tratamentos podem ser, provavelmente, em função da lâmina aplicada e da frequência de irrigação. Nos tratamentos L3 e L4 devido as maiores lâminas aplicadas observam-se, durante todo o ciclo, os maiores volumes drenados. A diferença entre L0 e L3, pode ser, provavelmente, em função das condições físicas do solo.

Tabela 9. Valores médios semanais da lâmina aplicada (I+P), da variação de armazenamento de água no solo, volume drenado e da ETc, a partir da 5ª semana ao final do ciclo, do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, no período de 14/11/2012 a 08/01/2013, Mossoró-RN, 2013.

Semana	Lâmina aplicada (I+P), mm				
	L0	L1	L2	L3	L4
5	8,32	4,94	6,53	8,32	9,69
6	10,36	6,41	8,39	10,35	12,33
7	10,75	6,65	8,70	10,75	12,79
8	12,46	7,55	9,87	12,46	14,92
9	17,20	10,43	13,65	17,20	20,05
10	17,93	11,09	14,51	17,93	21,33
11	16,56	10,20	13,35	16,49	19,64
12	17,30	10,40	13,60	17,30	19,99
Semana	Variação de Armazenamento de água no Solo, mm				
5	-0,02	0,46	0,46	0,62	1,03
6	-0,58	-1,44	-1,07	-0,33	-0,27
7	-0,45	-0,95	-1,07	-0,44	-0,16
8	0,18	-1,70	-0,13	0,32	-0,06
9	0,15	-0,97	-0,62	-0,39	-0,26
10	0,21	0,75	1,00	0,07	0,38
11	-0,21	1,95	0,67	-0,22	0,07
12	0,44	2,04	-0,04	0,06	-0,74
Semana	Volume drenado, mm				
5	1,40	0,08	1,40	2,29	1,57
6	1,19	0,54	1,78	2,28	1,99
7	0,55	0,19	0,09	1,04	1,16
8	0,51	0,00	0,03	0,14	0,81
9	0,20	0,00	0,00	0,90	2,25
10	0,40	0,00	0,00	1,94	3,58
11	0,40	0,00	0,00	1,19	2,75
12	0,40	0,00	0,22	2,98	4,86
Semana	ETc, mm				
5	3,92	2,75	3,48	3,61	5,09
6	4,91	3,73	3,68	4,53	5,36
7	5,82	4,36	5,33	6,00	6,89
8	7,45	5,25	6,26	7,58	8,41
9	9,96	6,22	8,30	9,89	10,51
10	10,06	6,21	7,98	9,27	10,22
11	9,47	4,68	8,13	9,06	10,22
12	7,93	4,56	6,10	6,63	7,40

4.3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

A lâmina de irrigação aplicada durante todo o ciclo da cultura foi superior a ET_o , nos tratamentos L0 (Figura 23), L2 (Figura 25), L3 (Figura 26) e L4 (Figura 27), entretanto, no tratamento L1 (Figura 24), esta superioridade só foi verificada a partir dos 56 DAS.

Os valores médios, durante todo o ciclo da cultura para ET_o e dos 30 aos 90 dias para ET_c nos tratamentos das lâminas L0, L1, L2, L3 e L4 foram de 8,31; 7,45; 4,65; 6,00; 7,00 e 7,77 mm dia⁻¹, respectivamente.

O menor valor de ET_c média para o tratamento L1 ocorreu devido o quiabeiro ter sido irrigado com água de CE 3,5 dS m⁻¹, correspondente a 65 % da ET_c . Estes resultados corroboram com os encontrados por Ünlükara et al. (2008) que também observaram redução da ET_c do quiabeiro quando irrigada com água salobra com condutividade elétrica (CEa) de 7 dS m⁻¹, sob condições controladas, em casa de vegetação.

Os tratamentos L2, L3 e L4 correspondentes a 85, 105 e 125 % da ET_c com água salobra (3,5 dS m⁻¹) apresentaram ET_c inferior a ET_o . No entanto observa-se na (Figura 19) que suas ET_c apresentaram valores superiores a ET_o a partir dos 48 DAS até o fim do ciclo da cultura. Este comportamento mostra que ao se irrigar com água salina em excesso, ocorre a lixiviação dos sais da zona radicular permitindo que a planta mantenha a taxa de evapotranspiração próxima as condições de normalidade. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Ünlükara et al. (2008) que observaram uma ET_c de 105,1 L/vaso para o tratamento menos salino (CEa = 1,5 dS m⁻¹) e 57,3 L/vaso para o tratamento mais salino (CEa = 7 dS m⁻¹) sob condições de casa de vegetação.

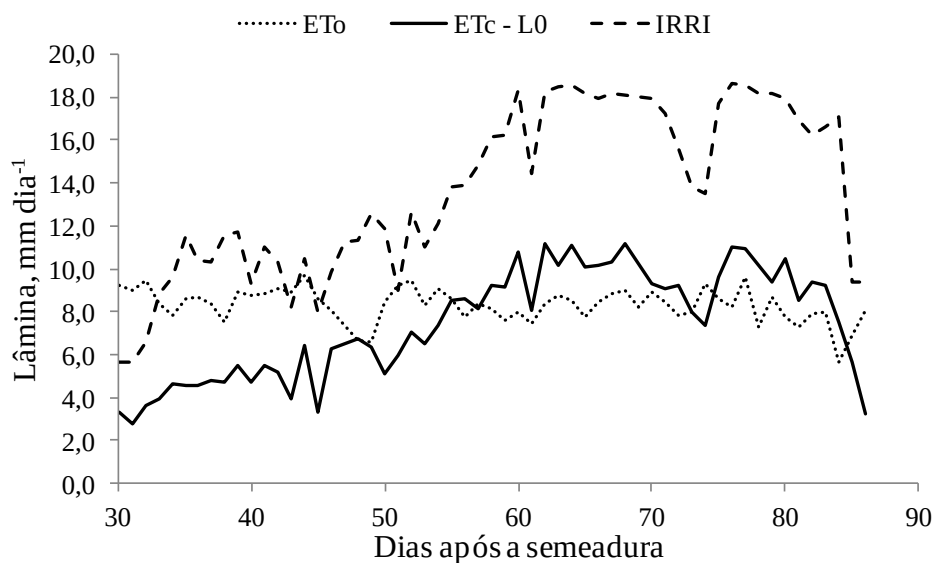


Figura 23. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médias da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro para os tratamentos L0, 105% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.

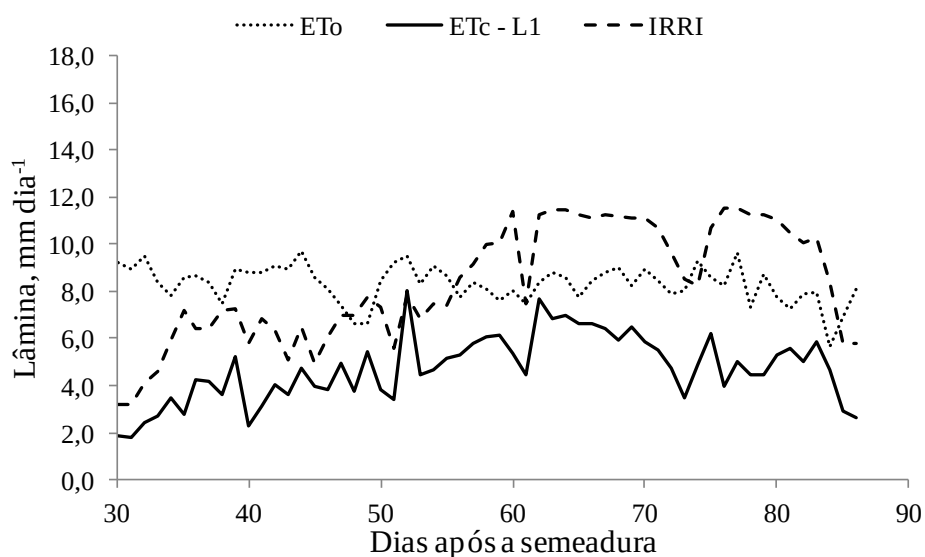


Figura 24. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médias da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro para os tratamentos L1, 65% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.

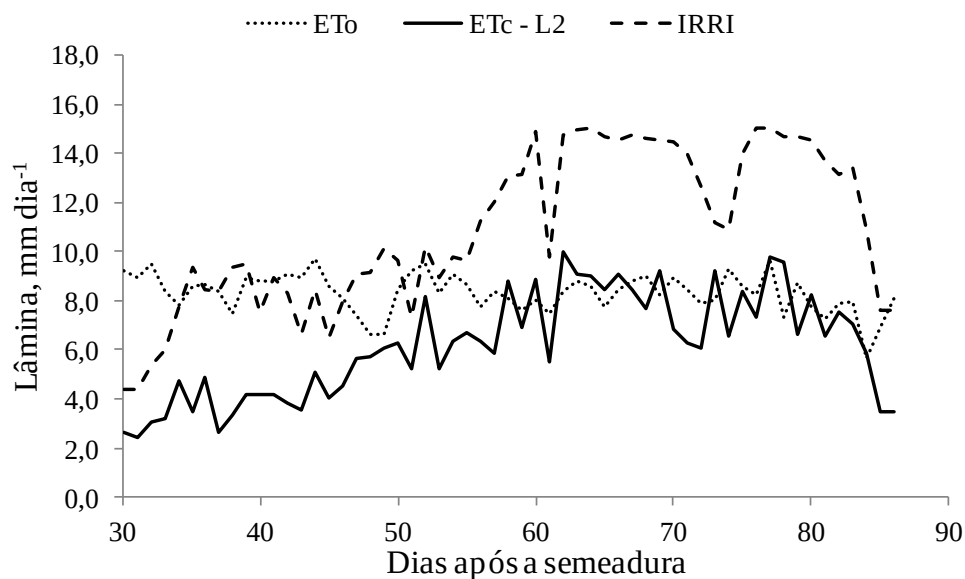


Figura 25. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro para os tratamentos L2, 65% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.

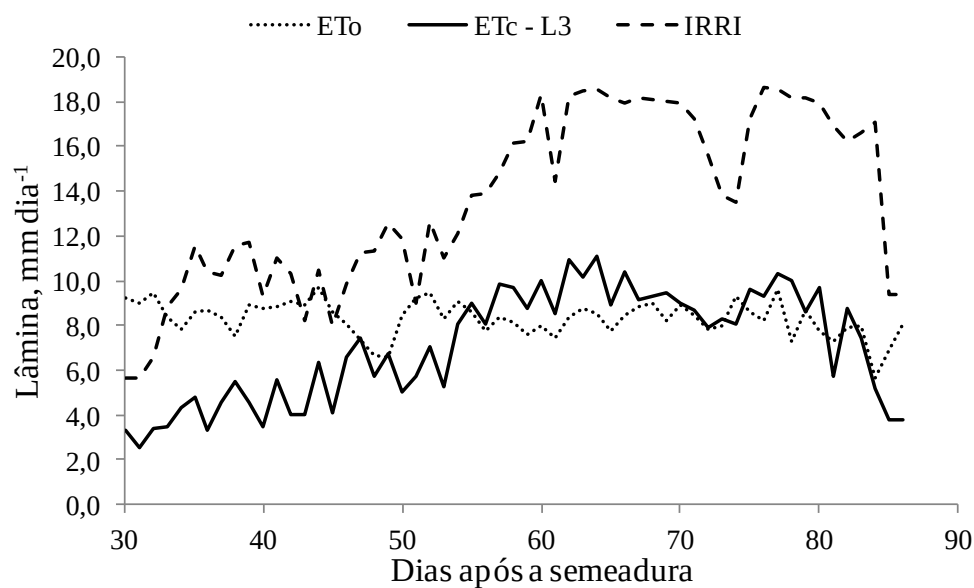


Figura 26. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro para os tratamentos L3, 105% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.

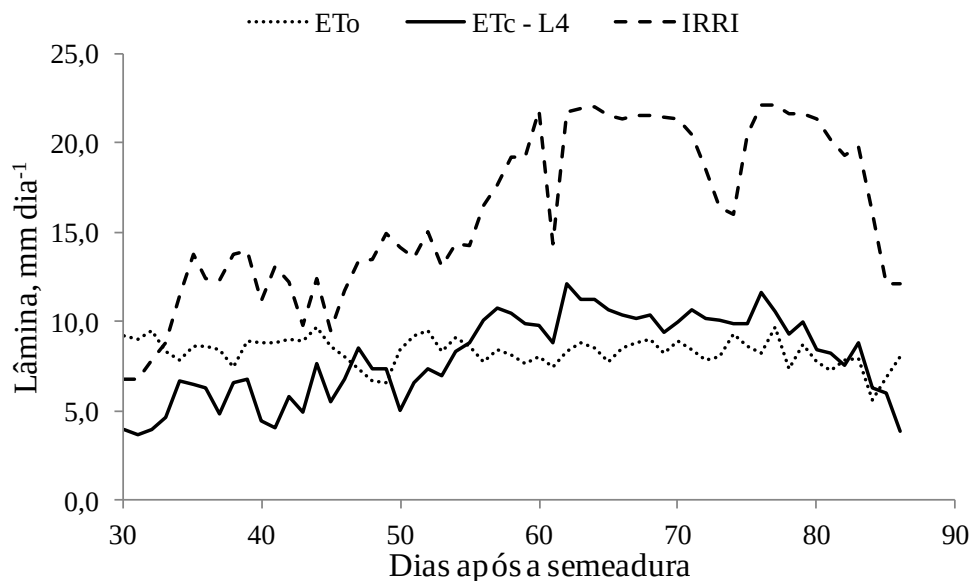


Figura 27. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e das lâminas de irrigação (IRRI) e médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro para os tratamentos L4, 125% da ETc no período de 30 a 86 dias após a semeadura. Mossoró-RN, 2013.

O consumo hídrico do quiabeiro (Figura 28) estimado pela metodologia da FAO foi de 620,97 mm e com média diária de 6,97 mm dias⁻¹ sendo o máximo 9,8 mm dia⁻¹ ocorreu aos 44 dias.

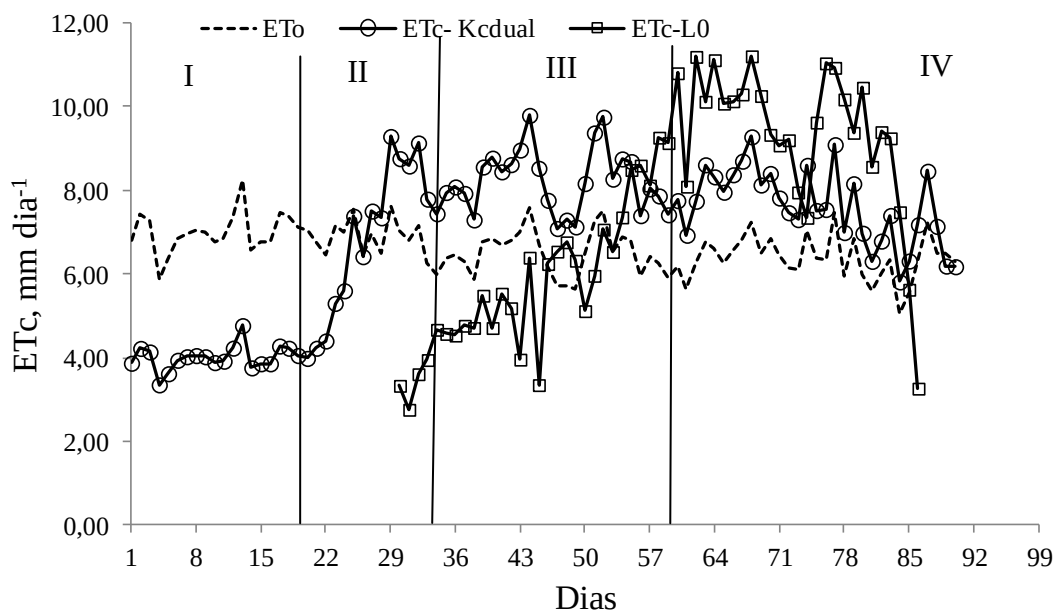


Figura 28. Valores da evapotranspiração de referência (ETo) e da evapotranspiração da cultura (ETc) do quiabeiro estimada pelo Kcdual, metodologia da FAO para o tratamento L0, 105% da ETc no período de 13/10/2012 a 08/01/2013. Mossoró-RN, 2013.

Na Figura 29 observamos as curvas de Kc nas fases de desenvolvimento do quiabeiro no período de 30 a 90 DAS, para cada tratamento.

No tratamento padrão L0 (Figura 29 A) as médias de Kc para as fase II, III e IV foram de 0,78; 1,15 e 0,93, podem ser atribuídas a lâmina de irrigação aplicada 105 da ETc. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Paes et al. (2012) para as fases, I, II e III 0,68; 0,79 e 0,54.

No tratamento L1 (Figura 29 B) os valores médios de Kc foram mais baixos, com medias de 0,56; 0,68 e 0,58 para as respectivas fases II, III e IV, estes resultados podem ser atribuídos ao déficit hídrico e, provavelmente, a salinidade da água de irrigação que causou redução no crescimento da plantas, diminuindo o Kc conforme verificado por Panigrahi e Sahu, (2013) que estudando a demanda hídrica do quiabeiro irrigado com a salina, encontraram valores de Kc de 0,38; 0,74; 0,98 e 0,49 para as fases I, II, III e IV.

O tratamento L2 (Figura 29 C) apresentou valores médios de Kc para as fases II, III e IV de 0,66; 0,97 e 0,71, respectivamente, ligeiramente superiores aos observados no L1. Essa diferença entre os tratamentos, provavelmente, ocorreram devido a maior porcentagem de lâmina aplicada 85% da ETc.

No tratamento L3 (Figura 29 D) 105% da ETc, os valores médios de Kc foram semelhantes aos observados no L0. Com médias de 0,77; 1,10 e 0,72 para as fases II, III e IV, respectivamente. Apesar da mesma porcentagem de lâmina, a água de irrigação no tratamento L3 teve concentração de sais diferente, porém, lixiviação causada pela lâmina aplicada no L3 irrigado com água salina foi, provavelmente, suficiente para atender a demanda hídrica da cultura e atenuar o efeito do salino da água.

No tratamento L4 (Figura 29 E) 125% da ETc observam-se os maiores valores médios de Kc em relação aos outros tratamentos, na ordem de 0,89; 1,2 e 0,9 para as fases II, III e IV, respectivamente, podendo ser atribuído a maior lâmina aplicada e, provavelmente, a planta respondeu ao incremento de lâmina com maior crescimento e com isso, apresentando os maiores valores médios de Kc. Além disso, a lâmina de irrigação aplicada causou a drenagem no lisímetro e a lixiviação dos sais no solo, atenuando o efeito da salinidade sobre a planta.

Na Figura 30, observa-se curva de coeficiente de cultivo estimado pela metodologia do Kc_{dual} da FAO, para as fases fenológicas do quiabeiro, que apresentou valores médios de 0,57; 1,27; 1,21 e 0,95, para as fases I, II, III e IV, respectivamente, superiores aos observados nos tratamentos.

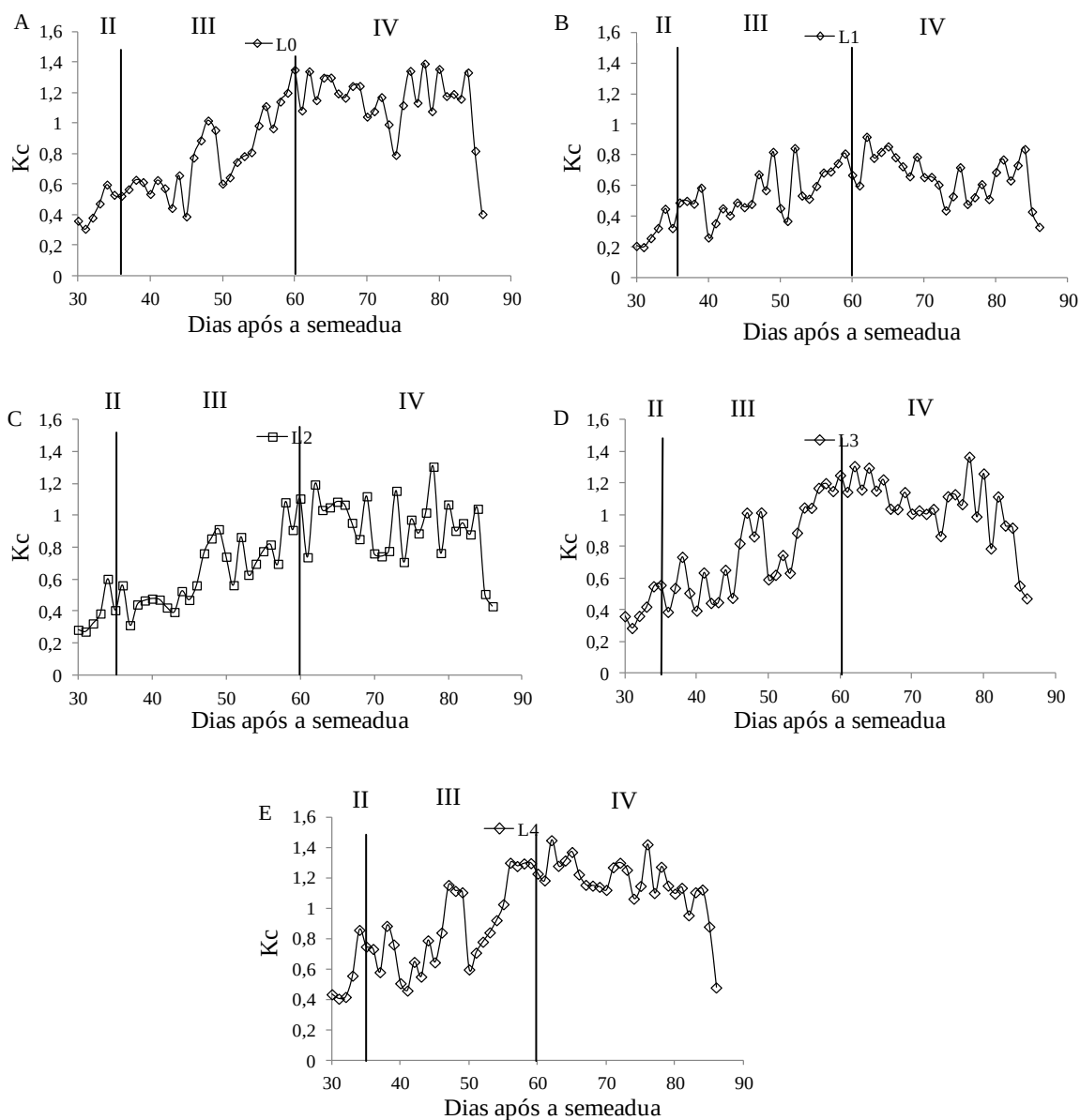


Figura 29. Variação do coeficiente de cultivo do quiabeiro, durante período de estudo, cultivado em quatro diferentes lâminas de irrigação com água de CE $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e com água de CE $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ em Mossoró-RN, 2013.

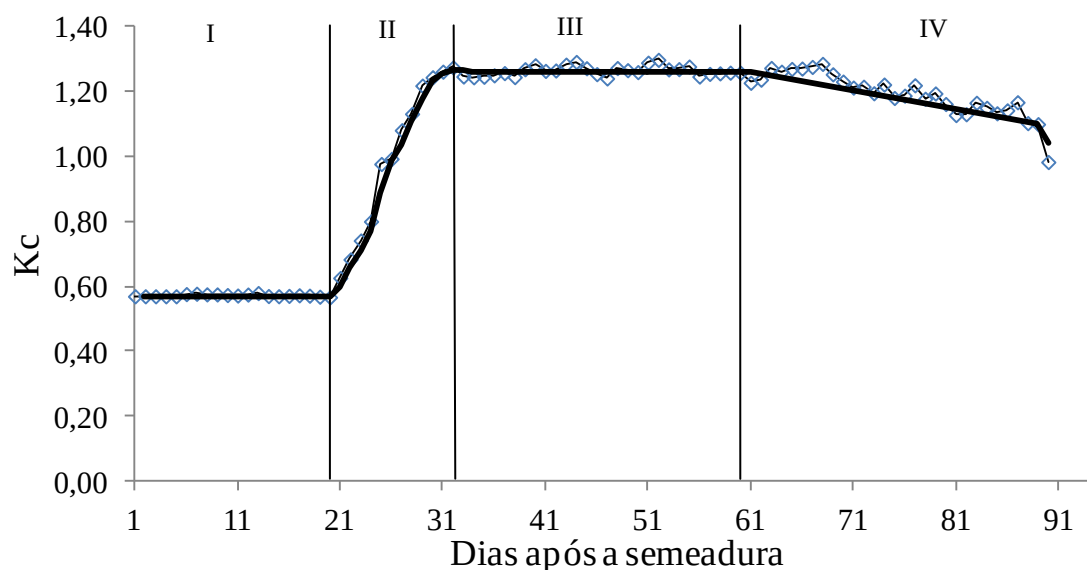


Figura 30. Variação do coeficiente de cultivo (K_c) estimado pela metodologia do K_{cdual} da FAO, observada para as fases I, II, III e IV durante o ciclo vegetativo do quiabeiro em Mossoró-RN, 2013.

Na (Tabela 10) estão todos os valores médios de K_c para os cinco tratamentos nas três fases de desenvolvimento do quiabeiro e os valores médios de K_c pela metodologia do K_{cdual} da FAO, para as quatro fases fonológicas do quiabeiro.

Tabela 10. Valores médios de K_c medidos nos Lísímetros para cada tratamento, para as fases II, III e IV e do K_{cdual} do quiabeiro ao durante o ciclo, para as fases I, II, III e IV, no período de 14 de novembro de 2012 a 6 de janeiro de 2013, Mossoró-RN, 2013.

Fases	Duração	L0	L1	L2	L3	L4	K_{cdual}
		Coeficiente de cultivo médio K_c					
I	20	-	-	-	-	-	0,57
II	15	0,78	0,56	0,66	0,77	0,89	1,27
III	25	1,15	0,68	0,97	1,10	1,20	1,21
IV	30	0,93	0,58	0,71	0,72	0,90	0,95

4.4 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Podemos observar através do resumo da análise de variância (Tabela 11) que houve efeito significativo para os tratamentos testados, DAS e da interação dos tratamentos com DAS a ($p < 0,01$).

Tabela 11. Resumo da análise de variância do Índice de Área Foliar (IAF) do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.

Fonte de Variação	QUADRADO MÉDIO	
	GL	IAF
TRAT	4	0,190 ^{**}
ERRO(A)	12	0,367
DAS	3	0,029 ^{**}
DAS*TRAT	12	1,091 ^{**}
Resíduo	48	0,066
Total	79	1,743
Média geral		0,743
CV %		18,29

^{**}Significativo a 1% de probabilidade de “F”; ^{ns}não significativo; CV – coeficiente de variação

O menor IAF encontrado nos tratamentos L1e L2 (Tabela 12) pode ser atribuído a menor lâmina aplicada 65 e 85% da ETc e água de irrigação com CE de 3,5 dS m⁻¹, esse déficit pode ter contribuído para uma maior concentração de sais na zona radicular e diminuído, provavelmente, a absorção de água e nutrientes, afetando o crescimento das plantas. Silva et al. (2006) trabalhando com quiabeiro, observaram redução na área foliar de 38, 65, 84 e 91% ao incrementar salinidade da água de 0,5 para 1,5; 3,0; 4,5; e 6 dS m⁻¹ respectivamente. Silva et al. (2013) trabalhando com berinjela com berinjela em diferentes níveis de salinidade sob manejo da fertirrigação em ambiente protegido, observaram redução na área foliar a partir de 4,5 dS m⁻¹ na solução do solo. Comportamento semelhante tem sido observado na cultura do meloeiro por diversos autores, (MEDEIROS et al., 2012; PORTO FILHO et al., 2006; DIAS et al., 2010).

Os maiores valores médios de IAF observado no L4 (Tabela 12) pode ser atribuído a maior lâmina aplicada 125% da ETc, que pode ter lixiviado os sais da zona radicular da planta e atenuado a efeito da salinidade sobre o crescimento da planta. Letey e Dinar (1986) observaram quando se irriga com água salina e aplica-se uma Lâmina excedente ela tende a lixiviar os sais da zona radicular fazendo com que o desenvolvimento vegetativo da planta não seja afetado.

Tabela 12. Médias de índice de área foliar (IAF) do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47, aos 60, 70, 80 e 90 DAS, em Mossoró-RN, 2013.

	Dias após a semeadura			
	60	70	80	90
L0	1,84 Cc	4,18 ABa	3,46 Bab	3,86 ABab
L1	1,57 Bc	2,56 ABb	3,15 ABab	3,06 ABb
L2	1,44 Bc	4,22 Aa	2,11 Bbc	3,73 Aab
L3	2,02 Bc	4,72 Aa	2,83 BCbc	3,73 ABCab
L4	1,84 Bc	4,36Aab	4,00 ABa	4,04 ABab

O IAF (Figura 31) em relação às épocas de coletas, independente do tratamento, não se ajustou aos modelos lineares e quadráticos. Sendo que as menores médias ocorrem nos tratamentos L1 e L2, devido a salinidade da água e as lâminas deficitárias, que causaram a diminuição na área foliar das plantas. O efeito inverso foi observado nos tratamentos L3 e L4. O L0 apresentou comportamento esperado, sendo observado o maior IAF aos 80 DAS e depois decresceu com a senescência da planta.

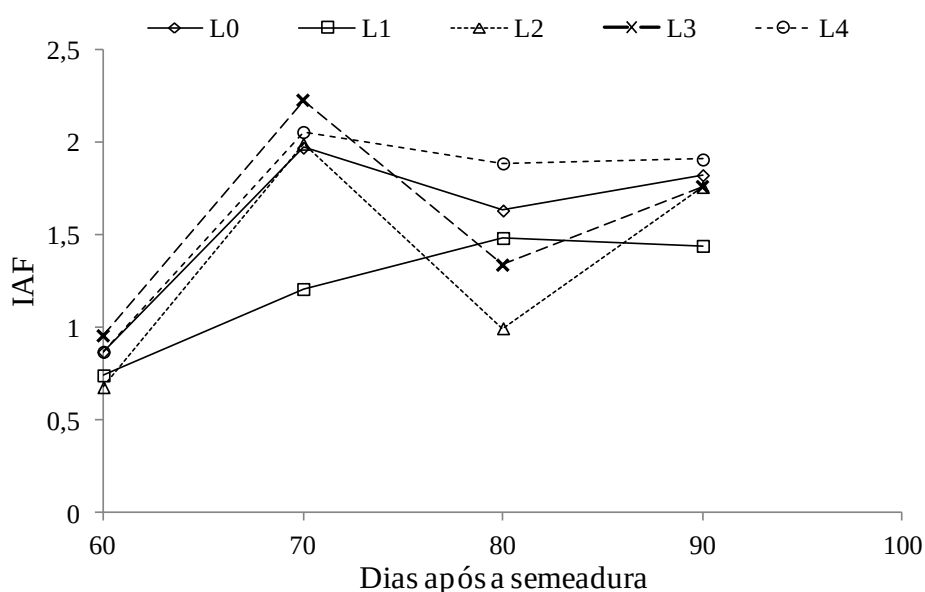


Figura 31. Valores médios de Índice de área foliar do quiabeiro, cultivar Santa Cruz 47, em diferentes épocas de avaliação, irrigado com água de salinidade de CE 0,5 e 3,5 dS m⁻¹ em diferentes lâminas.

4.5 PRODUÇÃO DE FRUTOS E NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Observa-se através dos resumos das análises de variância (Tabela 12) que houve efeito significativo dos tratamentos testados ($p < 0,01$) para produção de frutos frescos e

número de frutos por planta, observando-se que o tratamento L3 apresentou produção e número de frutos por planta significativamente superior ao L2.

No tratamento L3 a produção foi superior à encontrada nos L1, L2 e L4, sendo que os mesmos não apresentaram diferença estatística. O maior valor observado no L3 irrigado com a água de CE $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e 105% da ETc, pode ser atribuído a menor concentração de sais na zona radicular da cultura, devido a lixiviação dos sais pela lâmina aplicada. Conforme Oliveira et al. (2005); Rhoades e Loveday (1990), os aumentos na fração de lixiviação proporcionam redução da salinidade média do solo.

Os menores valores de produção e de número de frutos frescos por planta observados nos tratamentos L1 e L2 irrigados com água de CE $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, 65 e 85% da ETc, estão relacionados com o déficit hídrico e o incremento da salinidade na zona radicular da planta, estes resultados corroboram com os encontrados por Owusu-sekyere e Annan, (2010) que verificaram peso médio de 15 e 19,3 g com aplicação de 60 e 70 % da ETc no quiabeiro e por Ünlükara et al. (2008) trabalhando com quiabeiro, observaram diminuição da produção de 4,2% por aumento unitário de CEa na água de irrigação.

Com relação ao tratamento L4 a baixa produção pode estar relacionada ao excesso de umidade do solo que pode ter inibido o florescimento.

Tabela 13. Resumos das análises de variância da produção e do número de frutos por planta e teste de comparação de médias pelo teste Tukey do quiabeiro em função dos tratamentos, Mossoró-RN, 2013.

Fonte de variação	QUADRADOS MÉDIOS		
	G.L	Produção	Nº/planta
Trat	4	7,422 **	69,279 **
Rep	15	1,058	10,431
CV (%)		19,00	19.00
Tratamentos		Prod. MG ha ⁻¹	Nº méd frut/planta
L2		4,075 a1	12,25 a1
L1		4,120 a1	13,25 a1
L4		4,938 a1	15,33 a1 a2
L0		6,103 a1 a2	19,00 a1 a2
L3		7,238 a2	22,25 a2

**Significativo a 1% de probabilidade de “F”; CV - coeficiente de variação.

CONCLUSÕES

A irrigação por 90 dias com águas mesma de salinidade e com lâminas correspondentes a 65% e 125% da ETc causaram, respectivamente, aumento e diminuição da salinidade do solo ao final do ciclo da cultura.

A aplicação de lâminas de irrigação correspondente a 125% da ETc com água salobra (CE de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$) por 90 dias não causaram aumento da CEes, RAS e teores de Cl^- e Na^+ ao final do ciclo da cultura. Já com a aplicação de lâminas correspondente a 65% da ETc estas características aumentaram.

A salinidade no perfil do solo diminuiu com o aumento da lâminas de irrigação.

As tensões de água no solo são mais intensificadas com a redução das lâminas de irrigação.

A ETc, Kc e o índice de área foliar da cultura são afetados pelo déficit hídrico e a salinidade.

A produção e número de frutos por planta no quiabeiro são afetados pelo estresse hídrico, tanto em déficit como em excesso de umidade e pelo estresse salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em: <http://ana.gov.br>. Acesso em 01 Jan 2013.

AZEVEDO, C. M. da S. B.; PEDROSA, G. P.; MEDEIROS, J. F. de.; NUNES, G. H. de S. Uso de *Atriplex nummularia* na extração de sais de solos irrigados com efluentes salinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAG/UEGG, v.9, p.300-304, 2005.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. 1º, ed. EMBAPA. Cruz das almas, BA. 2010. P. 197-199.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. trad. de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB (FAO.Water Quality for Agriculture, 29), p. 15-102, 1999).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006, 298p. FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMERCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABCSEM).Disponível:<[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas/Dados Economicos/ABCSEM%202011](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas/Dados_Economicos/ABCSEM%202011). Acesso em 14 Set 2012.

BARROS, A. D.; SOUSA, A. de P.; MEDEIROS, J. de F. Comportamento Produtivo do Meloeiro em Relação à Salinidade e Frequência de Irrigação. **Irriga, Botucatu**, v.8, n. 1, p. 44-50, jan-abr, 2003.

BARROS, M. F. C.; SANTOS, P. M.; SILVA, A. J. Recuperação de solos afetados por sais usando água de qualidade inferior. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.310-313, 2005.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988.42p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MONTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Ed UFV. 7ª Edição, p50-53, 2006.

BOLARIN, M. C.; ESTAÑ, M. T.; CARO, M.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Relationship between tomato fruit growth and fruit osmotic potential under salinity. **Plant Science**, p. 1153-1159, 2001.

COSTA, M. C. B.; OLIVEIRA, G. D.; HAAG, H. P. **Nutrição mineral de hortaliças - Efeito da omissão dos macronutrientes e do boro, no desenvolvimento e na composição química de hortaliças**. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral em hortaliças. Campinas: Fundação Cargil, cap.6, p. 257-276. 1981.

CÂNDIDO, W. S.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. C. P.; MEDIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. desenvolvimento inicial do quiabeiro sob fertilização nitrogenada em diferentes relações amônio/nitrato. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.1, p. 28-35, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, L. C. F.; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. C.; BREHM, M. A. S. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Semina**, Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2010.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA OF. 1995. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, série b) p.62.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M de.; MEDEIROS, J. F de.; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, Centro de Ciências Agrárias, UFC, Fortaleza. v. 36, n.3, p. 262-267, 2005.

DANTAS, D. C.; MATOS, J. A.; MEDEIROS, J. F.; PORTO FILHO, F. Q.; Oliveira MIRANDA, N. O. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo a partir de extratos 1:2 pelo método do eixo principal reduzido. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 335-340, novembro-dezembro, 2005.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome:FAO, 1977. 194p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F.; **Efeito dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F de. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicado. Fortaleza: Ceará, 2010. P. 130-131.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.755-761, 2010.

DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”, Piracicaba. SP, p. 2 - 4, 2003.

EL-KADER, A. A. A.; SHAABAN, S.M.; EL-FATTAH, A. M.S. Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* l.) grown in sandy calcareous soil. **Agric. Biol. J. N. Am.** p, 225-231. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECURIA (EMBRAPA). Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em 01 Jan 2013.

FERREIRA, P. A.; MOURA, R. F.; SANTOS, D. B dos. FONTES, P. C. R.; MELO, R. F de. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com

beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, v.10, n.3, p.570–578, 2006.

FERREIRA, F. J.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, F. J. F DE.; LACERDA, C. F.; AQUINO, M. D. Salinização do solo e desenvolvimento de meloeiro com a aplicação de resíduo de caranguejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.15, n.4, p.359-364, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

GALATI, V. C. Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’. Dissertação (Mestrado em Agronomia Produção Vegetal) UNESP-Jaboticabal, 2010.

HARDEN, irrigation with saline water under desert conditions. Proc. International salinity conference management saline water for irrigation. Texas. **Tech univ. Lubbock**, 1976. P. 165-169.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário 2006. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006>. Acesso em 28 jul 2012.

JUNIOR, J. A. de L.; SILVA, A. L. P da. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11, p.1-2, 2010.

JÚNIOR, J. O de. A.; LACERDA, C. F de.; SILVA, F. B da.; SILVA, F. L. B da.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola. Jaboticabal**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

LETEY, J.; DINAR, A. Simulated crop-water production functions for several crops when irrigated with saline waters. **Hilgardia**, v.54, p.1-32, 1986.

LIMA, M. D. B.; BULL, L. T.; FILHO, H. G.; Índices fisiológicos e absorção de nutrientes pela cultura da cebola submetida a condições de salinidade e estresse hídrico. **Revista Irriga, Boucatu**, v. 11, n. 3, p. 356 - 366, 2006.

LIMA, A. S.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J.F.; BARRETO, H. B.F.; JUNIOR, V. P. A. Avaliação de parâmetros de salinidade em dois solos submetidos a lâminas crescentes de irrigação com água salina. **Revista Verde**, Mossoró.RN, v.7, n.1, p. 154-158, 2012.

LANNNETTA, M.; COLONNA. Salinização. Série do folheto B, n.3, 2012. http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leaflets/B3_Leaflet_PT. Acesso em 28 jul 2012.

MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L.; LIMA, R. N de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do Ceará. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v.24, n.2, p.464-472, 2004.

MARTIN, F. W. Okra, potential multiple-purpose crop for the temperate zones and tropics. **Economic Botanic**, v.3, p. 340-345, 1983.

MAIA, C. E. Índices para avaliação da qualidade física de solos. **R. Bras. Ci. Solo**, n.35, p.1959-1965, 2011.

MELO, T.K de.; MEDEIROS, J. F de.; SOBRINHO, J.E. FIGUEIRÊDO, V. B.; PEREIRA, V. da C.; CAMPOS, M. de S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.15, n.12, p.1235-1242, 2011.

MENK, J. R. F.; IGUE, T. Relacionamento de dados de solos entre métodos analíticos: o caso da análise granulométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.143-152, 1992.

MOTA, W.F.; FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. **Olericultura: Melhoramento Genético do Quiabeiro**. Viçosa:UFV, Departamento de Fitotecnia, 144 p. 2000.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES, L. L. M. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.722-725, 2005.

MEDEIROS, D. C de.; MEDEIROS, J. F de. BARBOSA, M. A.G.; QUEIROGA, R. C. F.; OLIVEIRA, F de. A.; FREITAS, W. E de. S. Crescimento do melão Pele de Sapo, em níveis de salinidade e estágio de desenvolvimento da planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.647-654, 2012.

OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; SILVA, J. A.; PÔRTO, M. L.; ALVES, A. U. Rendimento de quiabo em função de doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, p. 265-268, 2003.

OLIVEIRA R. D. L.; SILVA M. B.; AGUIAR N. D. C.; BÉRGAMO F. L. K.; COSTA A. S. V.; PREZOTTI L. Nematofauna associada à cultura do quiabo na região leste de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p.88-93, 2007.

OLIVEIRA, G. F.; FERREIRA, P. A; SANTOS, D. B dos.; GARCIA, G. O. Índice de estresse hídrico diário do feijoeiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, Suplemento, p.6-10, 2005.

OWUSU-SEKYERE, J.D.; ANNAN, E. Effect of deficit irrigation on growth and yield of okro (*Abelmoscus esculentus*). **Journal of Science and Technology**, Vol. 30, No. 2, PP.128, 2010.

POSSE, R. P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F de.; GOTTARDO, R. D. Evapotranspiração e coeficiente da cultura do mamoeiro. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.28, n.4, p.681-690, 2008.

PAES, H. M. F.; ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza v. 43, n. 2, p. 256-261, abr-jun, 2012.

PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOUSA, P. S.; C. DANTAS, D. P. Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. PB, v.15, n.11, p.1130–1137, 2011.

PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F. DE; GHEYI, H. R.; MATOS, J. A.; SOUZA, E. R.; SOUSA NETO, E. R. Crescimento do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.334-341, 2006.

PORTO FILHO, F. Q. **Rendimento e qualidade do melão em função do nível e da época de aplicação de águas salinas**. (Tese de doutorado em recursos naturais), UFPB, Campina Grande, 2003.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española, 1978. 521p

PANIGRAHI, P.; SAHU, N. N. Evapotranspiration and yield of okra as affected by partial root-zone furrow irrigation. **International Journal of Plant Production**, January 2013

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole LTDA, 188p. 1990.

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

RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. **Salinity in irrigated agriculture**. In: Irrigation of agriculture crops. Madison: B.A. Stewart and D.R. Nielsen, p.1089-1142, 1990.

SANTOS, F. X dos. **Evapotranspiração de cultura e influência de diferentes lâminas e frequências de irrigação no crescimento e produtividade da cultura da cenoura**. Tese (Doutorado em Ciência de solo) UFRPE-Recife, 2008.

SANTOS, M. B. H dos.; LIMA, V. L. A de.; HAANDEL, A. C. V.; BELTRÃO, N. E de. M.; SOUZA, A. P de. Salinidade de um solo, irrigado com água residuária e adubado com biossólido. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, p. 30-36, v.27, n.1, 2006.

SARMENTO, D. H. A. **Produção e evapotranspiração do girassol submetido a diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água**. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem) UFERSA-Mossoró, 2011.

SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S. B.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 1, p. 150-158, 2013.

SILVA, A. P.; SANTOS, C. J. O.; SANTOS, J. B.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Irriga, Botucatu**, v.6, n.2, 2006.

SOUZA, M. S.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, J. D. B.; AROUCHA, E. M. M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesq. Agropec. Trop**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 241-245, abr./jun. 2012.

SALEEM, A.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Salt (NaCl)-Induced Modulation in some Key Physio-Biochemical Attributes in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **J. Agronomy & Crop Science**, Blackwell Verlag, p. 202-213.2011.

SOOMRO, K. B.;SAHITO, H. A.; RIND, J. A.; MAL, B.; KALER, S. H. Effect of marginal quality water on Okra, (*Abelmoschus Esculentus* l). Yield under drip irrigation system. **Global Advanced Research Journal of Engineering, Technology and Innovation**. Vol. 1, n. 5, p. 103-112, Agosto, 2012.

USDA, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National engineering handbook**. Soil-plant-water relationships, 1991. Cap.1,2º ed, p. 6-7.

ÜNLÜKARA, A.; KURUNÇ, A.; KESMEZ, G. D.; YURTSEVEN, E. Growth and Evapotranspiration of Okra „*Abelmoschus Esculentus* L.... as Influenced by Salinity of Irrigation Water. **J. Irrig. Drain Eng**, n. 134, p. 160-166, 2008.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for pre dicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

WILLADINO, I.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, centro científico conhecer. Goiânia, vol.6, n.11; p.2, 2010.