



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

GIAN CARLO CARVALHO

**SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR NO
CULTIVO DA ACEROLA EM CONDIÇÕES DO BIOMA DA
CHAPADA DIAMANTINA**

Recife
2015

GIAN CARLO CARVALHO

**SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR NO CULTIVO
DA ACEROLA EM CONDIÇÕES DO BIOMA DA CHAPADA
DIAMANTINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Água e Solo

Orientador (a): Prof. Dra. Lilia Gomes Willadino

Recife
2015

Ficha Catalográfica

--

GIAN CARLO CARVALHO

**SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR NO CULTIVO
DA ACEROLA EM CONDIÇÕES DO BIOMA DA CHAPADA
DIAMANTINA**

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

Orientadora:

Prof. Dra. Lilia Gomes Willadino
Departamento de Biologia – UFRPE

Examinadores

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB

Prof. Dra. Rosimar dos Santos Musser
Departamento de Agronomia – UFRPE

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
Departamento de Engenharia Agrícola – UFRPE

Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva
Departamento de Engenharia Agrícola – UFRPE

À meus pais, irmãos e esposa pelo incentivo incondicional, apoio e dedicação constante para obter minha formação.

Muito Obrigado!!!

AGRADECIMENTOS

À DEUS que me abençoou e me permitiu concluir mais um desafio.

A Facepe e Capes, pelo concessão da bolsa de estudos.

A minha família que em todos os momentos me apoiou e me encorajou a sempre seguir em frente.

A minha linda esposa Mercia, obrigado por sempre estar ao meu lado.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o doutorado.

A minha orientadora, Lilia Gomes Willadino, pela amizade, paciência e colaboração.

Ao Dr. Eugênio Ferreira Coelho por sempre se mostrar solícito.

A empresa Bioenergia Orgânicos que me cedeu a área para realizar a pesquisa.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura pela colaboração na logística e por disponibilizar sua infraestrutura.

Ao membros da banca, professora Rosimar, e professores Ênio, Manasses e Alisson, por todas as contribuições.

Aos amigos Tibério Martins, Tacisio, Mário e Fabrício que contribuíram na aquisição e processamento dos dados, e aos amigos Miguel Júlio, Francisco, Edvaldo, José Zinho, e aos demais amigos do laboratório de irrigação da Embrapa que sempre colaboraram e se mostraram dispostos em ajudar.

A minha amiga Débora Albuquerque, que me ajudou muitíssimo na minha chegada à Recife.

A todos os amigos da Pós Graduação, em especial a Antônio Cardoso, Mara Suyane, Andréa Raquel, Rochele, Angela Jessyka, Joel Medeiros, Daniel Dantas, Marcos Félix, Vinícius Azevedo, Renato, Hamadi, Luiz, Gledon Pontes, Nadielan, Aluízio, Wellington, Alan, Diogo e Tatiana Patrícia, por todos os momentos de estudos e colaborações.

Aos amigos Thiago, Andresa, Charles, Emerson, Alexandre, Fabiana, Luciano e Aline por ter compartilhado bons momentos durante esses 4 anos.

A Daniela, Leandro, Adriano, Mário e aos demais funcionários da Bioenergia Orgânicos, por toda ajuda prestada.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram... meu muito obrigado.

*“A teoria também se converte em graça material
uma vez que se apossa dos homens.”*

Karl Marx

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA	15
1 Acerola	15
1.1 Variedade Junco	18
1.2 Variedade Rubra.....	18
2 Secamento Parcial do Sistema Radicular – Partial Rootzone Drying (PRD)	19
2.1 Distribuição do sistema radicular.....	21
3 Determinação da umidade do solo	23
REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO 2: DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ACEROLEIRA SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR	33
1 INTRODUÇÃO	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 Manejo da Irrigação	38
2.2 Eficiência do uso de água.....	41
2.3 Avaliação do sistema radicular	41
2.4 Análise estatística.....	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4 CONCLUSÕES	49
5 REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 3: DISTRIBUIÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM PLANTAS DE ACEROLA SUBMETIDAS AO SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR	54
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58

2.1	Manejo da Irrigação	59
2.2	Eficiência do uso de água.....	62
2.3	Sondas de TDR	62
2.4	Eficiência do uso de água.....	66
2.5	Análise estatística.....	66
3	RESULTADOS E DISCUSÃO	67
4	CONCLUSÕES	75
5	REFERÊNCIAS	76
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2: Distribuição do sistema radicular da aceroleira submetida à irrigação com secamento parcial do sistema radicular

Tabela 1. Análise física e classificação textural do solo	37
Tabela 2. Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível para o solo da área experimental	37
Tabela 3. Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água	43
Tabela 4. Produtividade de frutos e eficiência do uso de água em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA	44
Tabela 5. Análise de variância para as médias de densidade de comprimento de raízes	45
Tabela 6. Densidade de comprimento de raiz ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na interação entre manejo de irrigação e profundidade do solo em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com %0% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.....	47

CAPÍTULO 3: Distribuição e extração de água em plantas de acerola submetidas ao secamento parcial do sistema radicular

Tabela 1. Análise física e classificação textural do solo	58
Tabela 2. Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível para o solo da área experimental	58
Tabela 3. Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água	67
Tabela 4. Produtividade de frutos e eficiência do uso de água em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com %0% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.	68

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2: Distribuição do sistema radicular da aceroleira submetida à irrigação com secamento parcial do sistema radicular

- Figura 1.** Estação meteorológica para obtenção dos parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração 38
- Figura 2.** Variação da temperatura do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013..... 38
- Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013..... 39
- Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto à dezembro de 2013 40
- Figura 5.** Trincheira aberta após a coleta das raízes (A) e amostras devidamente armazenadas e identificadas (B)..... 42
- Figura 6.** Densidade de comprimento de raiz ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) em função da distância e profundidade do colo da planta para as variedades Junco (A) e Rubra (B) em pomar de acerola após seis meses 48

CAPÍTULO 3: Distribuição e extração de água em plantas de acerola submetidas ao secamento parcial do sistema radicular

- Figura 1.** Estação meteorológica para obtenção dos parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração 59
- Figura 2.** Variação da temperatura do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013..... 60
- Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013..... 60
- Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto à dezembro de 2013 61
- Figura 5.** Abertura da trincheira longitudinalmente a fileira de plantas e instalação das sondas de TDR (A) e sondas ligadas aos multiplexadores e à TDR (B) 63
- Figura 6.** Curvas e equações de calibração para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,80 m 64

- Figura 7.** Identificação dos tempo (t), (t+1) e (t+2) utilizados para determinação da LTI e LTE na região do sistema radicular 65
- Figura 8.** Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação e antes da próxima irrigação (A, B, E, F, I, J). Água disponível no solo sob secamento após dois dias de secamento (C, G e K) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D, H e L) para os manejos em PRD : irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA..... 70
- Figura 9.** Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação e antes da próxima irrigação (A, B, E e D). Água disponível no solo sob secamento, após dois dias de secamento (C e G) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D e H) para os manejos em IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA..... 72
- Figura 10.** Extração de água ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e distribuição do sistema radicular em cm cm^{-3} (isolinhas azuis) para os manejos de PRD: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc alternando aos 7 dias (A), 14 dias (B) e 21 dias (C); IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo (D); IP: irrigação plena, 100% da ETc (E), em pomar de acerola na Chapada Diamantina..... 74
- Figura 11.** Lâminas de água infiltrada, extraída e percolada (mm) na irrigação da aceroleira para os manejos de PRD : irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina BA. com alternância de 7,14 e 21 dias, Irrigação Fixa e Irrigação Plenas..... 75

RESUMO

CARVALHO, Gian Carlo. **Secamento parcial do sistema radicular no cultivo da acerola em condições do bioma da chapada Diamantina**. 2015. 82f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

A utilização eficaz da água tem se tornado uma componente chave na produção de alimentos e da alta qualidade dos produtos nas regiões áridas e semiáridas, devido à crescente falta de recursos hídricos disponíveis. O déficit hídrico pode provocar diversas respostas fisiológicas nas culturas, dentre as quais se destacam o fechamento dos estômatos e a redução da transpiração. Dentre as técnicas de irrigação que utilizam déficit hídrico, o secamento parcial do sistema radicular (PRD) tem se mostrado uma alternativa para a ganhos em produtividade e aumento da eficiência do uso de água. Os objetivos do trabalho foram, através das estratégias de uso do PRD, selecionar um manejo de irrigação que permita reduzir o consumo de água de irrigação sem perda significativas na produção dos frutos. Foram quantificadas a produtividade, eficiência do uso de água, distribuição do sistema radicular, distribuição de água no solo e extração pelas plantas. A técnica do PRD foi avaliada em um experimento em uma área de aceroleira, na fazenda Ceral, pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, localizada na chapada Diamantina, Município de Lençóis – BA, com as variedades de acerola Junco e Rubra, com espaçamento 4 x 2, irrigada por gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, com cinco manejos de irrigação, três repetições e duas variedades, totalizando 30 parcelas experimentais. Os manejos foram baseados na percentagem de redução da lâmina calculada de irrigação fixada em 50%, e no tempo de alteração da irrigação de cada lado da planta (7 dias, 14 dias e 21 dias), sendo, PRD 7 – redução de 50% da ETc alternando a cada 7 dias, PRD 14 – redução de 50% da ETc alternando a cada 14 dias, PRD 21 – redução de 50% da ETc alternando a cada 21 dias, IF – irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP – irrigação plena, ou seja, ou seja, 100% da ETc em ambos lados da planta. As maiores produtividade foram registradas para os manejos de PRD com alternância de 7 e 14 dias juntamente com o manejo de irrigação plena. A eficiência do uso de água foi maior para o manejo de irrigação PRD com alternância de 7 dias, superior ao dobro do tratamento com 100% da ETc. O comportamento da distribuição de água no perfil do solo seis horas após a irrigação no lado irrigado é semelhante para todos os manejos. No lado submetido à secamento no manejo PRD com alternância de 7 dias a quantidade de água disponível para as plantas não diminuiu tão drasticamente quanto nos demais manejos o que resultou na maior produtividade absoluta destas. O sistema radicular apresentou maior desenvolvimento nas camadas mais superficiais do solo. As regiões de maior extração de água no solo sofrem influência da quantidade de água disponível e da densidade de comprimento de raízes.

Palavras-chave: Irrigação localizada, eficiência do uso de água, déficit hídrico.

ABSTRACT

CARVALHO, Gian Carlo. **Partial root drying in the cultivation of Barbados Cherry under Chapada Diamantina biome conditions**. 2015. 82f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

The eficaz use of water has been the key component for food production and for the high quality of products in the arid and semiarid regions due to the increasing lack of available water resources. The water deficit may yield several crop physiological responses from which stomatal closure and transpiration reduction stand out. The partial root drying technique has been an alternative for gain in yield an increase of water use efficiency. The objectives of the work were by means of strategies for use of PRD, to select an irrigation schedule that allow to reduce water from irrigation without significant loss of fruit yield. Yield and water use efficiency were quantified as well root system distribution, soil water distribution and water extraction by plants. The PRD technique was evaluated in an experiment inside an area of Ceral farm from Organic Bioenergy Company at chapada Diamantina Lençóis, county, Bahia State with the varieties of Bermuda Cherry: Junco and Rubra using a 4 x 2 spacing irrigated by autocompensating drippers of 4 L h⁻¹ flow rate. The experiment followed a random block design with two varieties, five irrigation schedules and three replications totalizing 30 experimental plots. The irrigation schedules were based upon the percent of reduction of calculated water depth, that was fixed in 50% and on the time for switching irrigation side of the plant (7 days, 14 dys, and 21 dys), where: (PRD 7 – reduction of 50% ETc switching plant side every 7 days, PRD 14 – reduction of 50% ETc switching plant side every 14 days, PRD 21 – reduction of 50% ETc switching plant side every 21 days, IF – reduction of 50% ETc keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cicle e IP – full irrigation, i.e., 100% ETc). The largest productivities were registered when irrigation has supplied 100%ETc and for PRD with reduction 50% ETc switching plant sides every 7 and 14 days. The water use efficiency was larger for irrigation schedule with PRD by switching irrigated plant side every 7 days whose value was twice the one for treatment with 100% ETc. Soil water distribution is similar for all schedules six hours after irrigation. Soil water available to plants did not reduce so drastically at the non irrigated side for PRD with change in irrigation side every 7 days compared to others treatments. This resulted in larger yields for this treatment. The root system showed larger development at shallower soil layers. The regions of larger water extraction are influenced by amount of available water and by root length density.

Keywords: drip irrigation, water use efficiency, water deficit

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é responsável pelo maior consumo de água disponível. O setor agrícola consome cerca de 70% de toda água derivada dos rios, lagos e aquíferos subsuperficiais (FAO, 2013). No mundo, a área cultivada corresponde a cerca de 1,56 bilhão de hectares, dos quais aproximadamente 304 milhões possuem algum tipo de irrigação, sendo responsável por cerca de dois quintos da produção total agrícola (CONGROVE; COSGROVE, 2012).

No Brasil, em 2010 a AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA, 2013) cita que, da vazão total retirada, 54% da água foi destinada à irrigação enquanto que, da vazão efetivamente consumida, que representa 49% da vazão retirada, 72% corresponderam à demanda de irrigação. O Brasil possuía em 2010 uma área irrigada de 5,4 milhões de hectares, no entanto o País tem um potencial que representa 25 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2012). As irrigações nos perímetros irrigados são geralmente feitas em excesso, além do maior gasto de água, regas excessivas causam prejuízos à produção, maior incidência de doenças e impacto ambiental (MAROUELLI et al., 2008).

A água tem papel importante no que diz respeito ao desenvolvimento das culturas, contudo, somente 1 a 2% da água é absorvida para a dinâmica metabólica e os 98% restantes somente passam pela planta sendo perdida para a transpiração (REICHARDT; TIMM, 2004).

O déficit hídrico pode provocar diversas respostas fisiológicas nas culturas, dentre as quais se destacam o fechamento dos estômatos e a redução da transpiração. O processo mais afetado pelo déficit hídrico é o crescimento celular e o estresse hídrico mais severo leva à inibição da divisão celular, à inibição da síntese de proteínas, ao acúmulo de solutos, ao fechamento estomático e à inibição da fotossíntese. A avaliação do estado hídrico pode ser feita realizando medições no solo ou na planta. Os indicadores do estado hídrico do solo referem-se, por exemplo, à determinação do teor de água ou do potencial hídrico no solo. Para a planta existe uma série de variáveis que podem ser medidas. Dois dos indicadores mais frequentemente utilizados são o potencial hídrico foliar e a resistência estomática (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A utilização eficaz da água tem se tornado uma componente chave na produção de alimentos e da alta qualidade dos produtos nas regiões áridas e semiáridas, devido à crescente falta de recursos hídricos disponíveis. E para se obter produções viáveis, em muitas situações, somente com a irrigação para se ter o desenvolvimento agrícola desejado. Neste sentido

muitos estudos tem sido realizados a fim de satisfazer a suplementação de água à planta de forma econômica, sem afetar a qualidade e a produtividade das culturas, principalmente no que tange a utilização eficiente da água.

A eficiência do uso de água (EUA) nada mais é que a razão entre a produtividade pelo total da lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura e sua otimização consiste no seu aumento. Uma das formas de se atuar para o aumento da EUA é atuar no seu numerador, ou seja, obter maior produtividade para a mesma lâmina de água aplicada. A outra forma de aumento da EUA é reduzir a lâmina de irrigação ou a evapotranspiração da cultura, sem reduzir significativamente sua produtividade.

O aumento da eficiência do uso de água é, portanto, fundamental em muitos países para prevenir a extração excessiva de água subterrânea, aumentar a infiltração de água da chuva em solos e reduzir a deterioração da qualidade da água devido à inundação e salinização. Alguns destes fenômenos negativos são alimentados por intensificação da agricultura, o que afeta a disponibilidade de água através do aumento da contaminação das águas subterrâneas e superficiais provenientes de fertilizantes, pesticidas e resíduos animais (FAO, 2013).

Pesquisas nas últimas duas décadas tem mostrado que a técnica de irrigação por secamento parcial do sistema radicular (PRD) pode ser usada para o enfrentamento das situações onde há restrição de água (FAO, 2002). Esse método consiste em se irrigar alternadamente lados diferentes de uma planta em frequências que dependerão do sistema solo-planta-atmosfera. No lado do sistema radicular que não está sendo irrigado ocorre um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) que resulta na indução de estresse na raiz que, por sua vez, contribui para a liberação do ABA no xilema sinalizando para a parte aérea o estresse radicular, resultando no fechamento dos estômatos e na redução da transpiração (SLOVIK et al., 1995).

Considerando os resultados positivos encontrados com a técnica do secamento parcial do sistema radicular, o projeto visa selecionar um manejo de irrigação que permita reduzir o consumo de água de irrigação sem perdas significativas na produção dos frutos; Avaliar a distribuição do sistema radicular e mostrar o comportamento do mesmo em relação a técnica de PRD; Analisar a distribuição e extração de água pelas plantas e disponibilizar informações dos manejos de secamento parcial do sistema radicular para contribuir na obtenção de produtividades maximizadas com melhoria da qualidade de frutos e com sustentabilidade dos recursos hídricos.

CAPÍTULO 1: Revisão de Literatura

1 Acerola

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), também conhecida como cereja-das-antilhas, é uma fruta originária da região do mar do Caribe. Após 1946 foi identificado um elevado teor de vitamina C nos frutos, maior que as frutas reconhecidas como fonte dessa vitamina como limão e laranja (ALVES; MENEZES, 1995; PAIVA et al., 2003). Para atender à demanda da indústria alimentícia e farmacêutica os primeiros pomares comerciais foram estabelecidos no Havaí e Porto Rico (BLISKA; LEITE, 1995).

No Brasil, a cultura da acerola foi introduzida na década de 50 pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Por ter tido uma boa adaptação às condições de clima tropicais e sub-tropicais, a cultura se propagou por quase todos os Estados, com exceção da região Sul devido às baixas temperaturas no inverno (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Após a década de 80, a cultura apresentou expansão de sua área cultivada para fins comerciais, impulsionada pela demanda do mercado interno e externo, principalmente no Nordeste sendo registrado o início das exportações de frutos in natura (COSTA; ANDRADE, 2003).

A área cultivada com acerola no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, e a produtividade média corresponde a 29 t/ha/ano, portanto estima-se que o Brasil produz aproximadamente 300.000 toneladas ha/ano. Destacam-se os estados da Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, que juntos detêm 60% da produção nacional (FURLANETO; NASSER, 2015). Diversos híbridos dessa fruta são desenvolvidos pelo melhoramento genético a partir de plantas oriundas do Banco Ativo de Germoplasma (BAG). A Embrapa Mandioca e Fruticultura possui BAGs de várias fruteiras, entre nativas e exóticas, como é o caso da acerola. Esses Bancos foram criados para servirem de suporte aos programas de melhoramento genético da unidade (COSTA et al., 2009).

A aceroleira, pelo seu potencial industrial, pode ser consumida sob forma de compotas, geléias, utilizada no enriquecimento de sucos e de alimentos dietéticos, na forma de alimentos nutracêuticos, como comprimidos ou cápsulas, empregados como suplemento alimentar, chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas e iogurtes (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002). Também é consumida na forma de suco (integral, concentrado, liofilizado), licor, soft drink, bombons, goma de mascar, néctares, purê, sorvetes, cobertura de

biscoitos, refrigerantes, entre outros (CARVALHO et al., 2000). No entanto, as formas mais comuns de comercialização da acerola são o fruto in natura, a polpa congelada e o suco engarrafado (YAMASHITA et al., 2003).

Devido às características do fruto, pelo seu sabor agradável e por seu reconhecido valor nutricional, principalmente como fonte de vitamina C, pró-vitamina A, vitaminas do complexo B como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B3), ferro, cálcio, minerais e fósforo (EMBRAPA, 2013), tem atraído o interesse dos fruticultores desde que foi introduzida no Brasil e tem possibilitado o aumento sustentável da área plantada com novos plantios, colocando a fruta na pauta da exportação brasileira (FREIRE et al., 2007).

A planta é um arbusto cujo tronco se ramifica desde a base e quando adulto, atinge altura de 2,5 m a 3,0 m, embora algumas plantas possam chegar aos 5,0 m de altura. A copa é classificada como ramificada, pouco ramificada ou de ramificação intermediária. Possui folhas de comprimento variando entre 2,5 a 9,0 cm e largura de 1,2 a 6,0 cm, cuja coloração é verde escura e brilhante na parte superior e verde-pálidas e opacas na parte inferior. Suas flores possuem cores variáveis a depender do genótipo podendo ser branca, rósea-clara, rósea escura ou violeta, permanecendo dispostas em cachos. A floração ocorre durante todo o ano e depois de três a quatro semanas, ocorre a frutificação. Seus frutos são uma drupa de superfície lisa ou dividida em três gomos, com tamanho variados de 3 a 6 cm de diâmetro e peso de 3 a 16 g. A coloração externa varia do alaranjado ao vermelho intenso quando maduros e possui polpa carnosa e succulenta (GOMES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003). Esta coloração é resultado da presença de antocianinas, especialmente pelargonidina e malvidina (OLIVEIRA; SOARES FILHO, 1998).

O plantio da aceroleira deve ser feito em áreas onde a temperatura média anual seja acima de 20°C e a temperatura média do mês mais frio acima de 14°C desenvolvendo-se bem em climas tropicais e subtropicais, desde que, as temperaturas se situem entre 15 e 32°C (PAULL; DUARTE, 2010; TEIXEIRA; AZEVEDO, 1995).

A vegetação, o florescimento e a frutificação se dão nos períodos mais quentes, logo, acontecem principalmente na primavera e no verão desde que haja disponibilidade de água. A necessidade hídrica da cultura, varia de acordo com o clima da região, o tamanho das plantas (área foliar e altura), a frequência das irrigações e a porcentagem da superfície do solo umedecida na irrigação (ALVES et al., 2009). Recomenda-se o plantio em locais onde a precipitação se situe entre 1200 a 1600 mm anuais desde que bem distribuídos, o que contribui para melhoria na produtividade e qualidade dos frutos (COELHO et al., 2003).

Em locais onde há deficiência hídrica, ou seja, onde a precipitação anual é abaixo de 1200 mm ou onde as precipitações são sazonais, se faz necessário o suplemento hídrico através de irrigação, caso contrário a planta pode apresentar vários sintomas como enrolamento das folhas, retardamento no crescimento, menor floração, diminuição no tamanho dos frutos e como consequência, menor produção. Chuvas em excesso podem causar perda de açúcares, vitamina C e deixar os frutos aquosos (TEIXEIRA; AZEVEDO, 1995).

De acordo com Coelho et al.(2003) em condições semiáridas, a acerola só tem sido cultivada com a utilização de irrigação, visto que a falta de água no solo é um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade. O uso dessa tecnologia permite atingir acréscimos da produtividade em pelo menos 100% e embora não seja desejável devido ao desgaste das plantas, pode-se conseguir nove safras por ano. Contudo, Musser et al.(2004) indicam que um manejo inadequado da irrigação pode influenciar diretamente nos níveis de ácido ascórbico.

A escolha do sistema de irrigação adequado deve levar em conta a topografia do terreno, o clima, tipo de solo além da disponibilidade de água e a disponibilidade de recursos financeiros do produtor. Os métodos que se adéquam são aspersão convencional, microaspersão, gotejamento, gotejamento subsuperficial, mangueiras perfuradas a laser e por sulcos. Com o uso de sistemas de irrigação localizada é possível aplicar os fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), aumentando a eficiência de aplicação, pois ocorre diminuição das perdas por lixiviação e aumento da absorção pelo sistema radicular, além de diminuir os custos com mão de obra (ALVES et al., 2009).

Fatores como precipitações, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças, influenciam características como a qualidade dos frutos, coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH. A insolação é primordial para o bom desenvolvimento da aceroleira, sendo que a radiação influencia diretamente na produção de vitamina C pela planta (NOGUEIRA et al., 2002).

O plantio pode ser efetuado nos mais diversos tipos de solo, no entanto, deve-se evitar solos arenosos com declive maior que 15% ou solos argilosos com declive maior que 18%. Solos muito arenosos, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água e possibilidade de infestação por nematoides, enquanto que solos muito argilosos, podem apresentar baixa capacidade de aeração e encharcam facilmente. A profundidade do solo deve variar de 1,00 a 1,20 m, e ser livre de pedras, camadas pouco permeáveis e variações no lençol freático (SOUZA et al., 2003).

As práticas de manejo do solo devem ser realizadas de modo a viabilizar o aprofundamento do sistema radicular, permitindo maior infiltração, armazenamento e disponibilidade de água à planta. O uso de cobertura vegetal é imprescindível para impedir que o solo fique exposto a radiação solar, chuvas e ventos, contribuindo dessa forma na manutenção da umidade, controle de plantas invasoras, temperatura do solo e do impacto direto das gotas de chuvas sobre o solo (ALVES et al., 2009; SOUZA et al., 2003)

No manejo dos tratos culturais, a realização da poda de formação é importante pois visa deixar a planta com uma copa baixa, com três a quatro ramos principais, dispostos simetricamente e em diferentes alturas ao longo da haste principal. Podas de limpeza também são necessárias a fim de eliminar ramos velhos, secos e debilitados, ramos atacados por pragas e doenças e devem ser realizadas de preferência fora da época de brotação, floração e frutificação (MUSSER, 1995).

A partir do terceiro ou quarto ano do plantio a produção começa a se intensificar sendo que uma planta pode produzir por ano mais de 40 kg de frutos. Considerando o teor de vitamina C em torno de 1 a 3%, e o peso da polpa 80% em relação ao fruto, tem-se aproximadamente 0,32 kg de vitamina C por planta (OLIVEIRA et al., 2003).

Cecílio et al.(2004) realizaram o levantamento da aptidão agroclimática para a produção de acerola no Estado da Bahia, e encontraram três regiões claramente aptas ao seu cultivo (condições térmicas e hídricas satisfatórias). Na terceira região citada pelos autores encontram-se os Municípios de Iraquara, Seabra, Palmeiras, Mucugê, Lençóis e Andaraí.

1.1 Variedade Junco

A variedade Junco apresenta valores de acidez titulável de 1,96% e 1,64% de ácido málico, teor de ácido ascórbico variando de 1430,08 a 970,06 mg.100 mL⁻¹. valor de pH entre 2,93 a 2,96 e teor de sólidos solúveis de 7,0 e 6,12 °Brix, para os estádios de maturação verde e maduros respectivamente, além de apresentar alta resistência a compressão quando verdes, (COSTA et al., 2011).

1.2 Variedade Rubra

As plantas dessa variedade apresentam porte ereto, podendo atingir 2,0 m de altura quando adulta. As flores possuem coloração rosa e os frutos apresentam tamanho médio, casca lisa avermelhada e polpa amarela, alta firmeza e boa palatabilidade. A relação Brix/Acidez é elevada, sendo ideal para consumo de mesa. Apresenta teor de vitamina C

superior a 1000 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa, possibilitando seu aproveitamento pela indústria. Nas condições dos tabuleiros costeiros, fornecendo nutrientes e água de forma adequada a planta pode produzir cerca de 40kg/ano (EMBRAPA, 2004).

2 Secamento Parcial do Sistema Radicular – Partial Rootzone Drying (PRD)

Pesquisas nas últimas duas décadas têm mostrado que a técnica de irrigação por secamento parcial do sistema radicular (PRD) pode ser usada para o enfrentamento das situações onde há restrição de água (FAO, 2002)

PRD é uma técnica de irrigação na qual há alternância dos lados que recebem molhamento e secamento do solo. Portanto, é uma forma modificada do déficit de irrigação, que preconiza a irrigação temporária de um dos lados do sistema radicular enquanto que o outro lado é exposto ao processo de secagem. O lado exposto ao secamento induz a planta a fechar os estômatos, enquanto que a outra metade recebe irrigação normal, acarretando desta forma a redução do consumo de água sem afetar a produção e qualidade dos frutos, e com isso aumenta a eficiência do uso de água. O tempo de alternância do lado que passa a receber a irrigação é variável (AHMADI et al., 2010; KANG; ZHANG, 2004; KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003; TOPCU et al., 2007), e vai depender da cultura, do estágio de crescimento, da demanda evaporativa, da textura do solo e do balanço hídrico (SAEED et al., 2008).

As primeiras pesquisas com PRD foram realizadas por Grimes et al.(1968) nos Estados Unidos com a cultura do algodão sob irrigação por sulcos. Mais tarde os estudos foram conduzidos na Austrália como alternativa de manejo de irrigação em videiras (DRY; LOVEYS, 1998; KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003).

A técnica é baseada em dois pressupostos teóricos: O primeiro se refere ao fato de que a parte do sistema radicular no solo que está em secagem emite uma sinalização das raízes que atinge a parte área induzindo o fechamento dos estômatos a fim de reduzir a perda de água pela transpiração (DAVIES; ZHANG, 1991). O segundo considera que o fechamento parcial dos estômatos reduz substancialmente a perda de água com pouco comprometimento sobre a fotossíntese (JONES, 2014)

As plantas ao abrirem seus estômatos para a absorção de CO₂ perdem água, realizando as trocas gasosas. A modelagem matemática desses dois processos de difusão opostos sugere que plantas em geral devem ter a capacidade de otimizar o uso da água no curto prazo e maximizar sua chance de sobrevivência em uma seca a longo prazo. No curto prazo, por

exemplo, durante um dia, o seu ganho de carbono é maximizado apenas com uma quantidade limitada de água perdida (FARQUHAR; SHARKEY, 1982). Ao longo de um período, a perda de água deverá ser regulada de acordo com a quantidade de água disponível no solo, o que significa que as plantas devem ser capazes de detectar a secagem do solo e responder de forma a regular o consumo de água. Dessa forma o mecanismo regulador do fechamento estomático é ativado antes da água disponível do solo estar completamente esgotada (JONES, 2014).

Panigrahi et al.(2013) testaram oito manejos com redução no déficit de irrigação (RDI), em três fases de desenvolvimento da cultura da tangerina Kknow, dois manejos com déficit hídrico (50 e 75% DI), dois manejos em PRD (50 e 75%) e o manejo com irrigação plena (100% da ETc) por gotejamento, e concluíram que a irrigação com aplicação de PRD com 50% da ETc teve a melhor relação custo benefício. Os autores indicam este manejo considerando-o pelo alto potencial para o cultivo de pomares de tangerinas Kinnow no norte da Índia.

Em experimento com a cultura da batata em duas regiões da China Xie et al.(2012) avaliaram 5 manejos, irrigação convencional (100%), irrigação convencional com redução de 50%, PRD com redução de 50%, PRD com redução de 75% e sem irrigação, na presença e ausência de cobertura plástica. Os autores observaram que o manejo PRD 50% resultou numa produção semelhante à irrigação convencional tanto a 50 como em 100% nas duas regiões de estudos, enquanto que a irrigação convencional 50% produziu significativamente menos em um dos locais de estudo. Com relação a EUA observaram que o manejo que obteve melhores resultados foi o não irrigado, no entanto sua produção ficou muito abaixo dos outros manejos. Quando comparado aos manejos com irrigação, o PRD 50% foi o que obteve melhores resultados, sendo o mais viável para o manejo de irrigação.

Embora tenha potencial de melhorar a EUA, a técnica só tem sido benéfica quando a água de irrigação é de boa qualidade, com baixa salinidade, sendo que os riscos e/ou benefícios potenciais do PRD que utilizam água salina para irrigação ainda não foram estudados (SANTOS et al., 2003).

O secamento parcial do sistema radicular só tem sido praticado com sucesso em áreas de baixa pluviosidade onde a disponibilidade de água no solo pode ser controlada usando irrigação (HUTTON, 2004), e como baseia-se na separação da exposição das raízes à secagem e ao umedecimento, necessita, portanto de duas linhas de irrigação para que possa operar de forma independente. Esta técnica pode ser aplicada em diferentes formas como gotejamento

superficial ou gotejamento subsuperficial, microaspersão ou até mesmo irrigação por sulco. Pode ser usado em apenas algumas fases de crescimento, mas comumente é usado durante todo o ciclo da cultura.

Além do PRD, outros métodos de déficit de irrigação, têm sido relatados para a busca da melhoria da EUA, entre esses está o método de Regulação do Déficit Hídrico (RDI)(FAO, 2002; KANG et al., 2002; SAVIĆ et al., 2008). Este método baseia-se na redução da quantidade de água aplicada que pode ser em todo o desenvolvimento ou em determinados estágios da cultura e pode ser um aliado ao PRD.

2.1 Distribuição do sistema radicular

O sistema radicular é a parte da planta responsável pela fixação do vegetal no solo, condução e absorção de água e nutrientes e, tem uma influência significativa sobre o desenvolvimento e rendimento das culturas. Nos últimos anos a distribuição do sistema radicular tem sido um assunto de grande interesse para pesquisas científicas (KIRDA et al., 2004; LI et al., 2011; SANTOS et al., 2014).

O conhecimento do sistema radicular das plantas é importante para os estudos das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e outros organismos vivos (COELHO et al., 2001) e pode se tornar uma ferramenta importante para a tomada de decisão no uso de sistemas de irrigação localizada, no manejo da agricultura irrigada, além de definir a área do solo onde deve ser feita a adubação para que a aplicação do fertilizante seja usado de forma eficiente pela cultura (COELHO et al., 2005; SANTOS et al., 2005), definir o espaçamento da cultura e os consórcios que podem ser interessantes (FRACARO; PEREIRA, 2004).

Conhecer os processos fenológicos das plantas é importante para ajustar não somente a irrigação como também os programas de fertilização, para contribuir com uma agricultura mais sustentável. As raízes são as principais responsáveis pela absorção, de água e são fundamentais para o desenvolvimento das plantas, de modo que conhecer a dinâmica do sistema radicular é essencial principalmente quando a planta é afetada pelo déficit hídrico (PÉREZ-PASTOR et al., 2004; TORRECILLAS et al., 2000).

A distribuição do sistema radicular tem sido amplamente utilizado nos estudos de diversas culturas (AHMADI et al., 2011; LUCAS et al., 2012; ALVES et al., 2014; SAMPAIO et al., 2014). Segundo Li et al.(2011), o sistema radicular é de grande ajuda para compreender as dinâmicas de crescimento, o desenvolvimento de modelos de captação de água e a estimativa de produtividade.

De acordo com Azevedo et al.(2011), a densidade de comprimento radicular é um elemento fundamental para determinar o potencial de absorção de água e nutrientes. Os padrões de distribuição do sistema radicular das culturas são decorrentes da interação entre fatores genéticos, características do perfil do solo, conteúdo de água no solo, que atuam na resistência do solo à penetração de raízes (SANTOS et al., 2014), bem como por outros fatores como fertilidade, densidade do solo, disponibilidade de oxigênio, textura, temperatura e, pelas circunstâncias em que a espécie se desenvolve (GONÇALVES; MELLO, 2000), além da densidade de plantio, pela frequência e profundidade do preparo do solo, pela utilização de cobertura morta e pelo sistema de irrigação utilizado (RICHARDS, 1983).

A avaliação do volume de solo explorado pelo sistema radicular, comprimento de raízes são tarefas que possuem bastante dificuldade, incluindo o tempo gasto para a coleta e o volume grande de resultados. De acordo com Vasconcelos et al.(2003), não existe uma metodologia ideal para a avaliação do sistema radicular pois, depende das condições in situ.

A determinação do comprimento dos segmentos de raízes tem sido feita por imagens digitais obtidas a partir de imagens trazidas do campo em câmera de vídeo (BOX, 1996) ou a partir de raízes coletadas do solo que são passadas em “scanner” de computadores (COELHO et al., 1999) que utiliza programas específicos para este fim.

O déficit hídrico pode levar a restrições do crescimento do sistema radicular, embora possa também estimular o crescimento (ROMERO et al., 2004) especialmente em solos com camadas profundas (BURKART et al., 2004). A estimulação do desenvolvimento radicular durante deficiências severas de água no solo pode desempenhar um importante papel na resistência a seca (MCCULLY, 1999).

Conhecer as zonas de absorção de água pelo sistema radicular, em maior ou menor intensidade, ajuda a definir o correto posicionamento dos sensores para monitoramento da umidade do solo (COELHO et al., 2001; MACHADO; COELHO, 2000).

Para determinar as zonas de absorção de água e nutrientes no caso da utilização de irrigação localizada ou microirrigação, não basta conhecer tão somente a profundidade efetiva do sistema radicular, visto que, a geometria da distribuição de água é de caráter multidimensional, logo, deve-se conhecer também a distância horizontal efetiva das raízes em relação à planta (COELHO et al., 2005).

Estudos sobre a distribuição de raiz mostraram que plantas submetidas a técnica de secamento parcial do sistema radicular frequentemente se desenvolvem normalmente, e a alternância de irrigação induz o mecanismo de redução de perda de água mediante o

fechamento dos estômatos, com isso observa-se resultados satisfatórios em relação ao aumento da eficiência do uso da água (RODRIGUES et al., 2008; LI et al., 2010; PEREZ et al., 2012). A regulação da abertura e fechamento dos estômatos é controlado através de sinais químicos, sobretudo o fitormônio ácido abscísico, a partir das raízes de plantas para as folhas, resultante da exposição das raízes das plantas quando submetidas ao secamento (KIRDA, 2004).

Estudos realizados utilizando a técnica de PRD demonstram que as culturas em condições de estresse controlado obtiveram melhor eficiência no uso da água sem redução significativa na produtividade (DANIEL, 2012; LUCAS et al., 2012; LOPES et al., 2014).

3 Determinação da umidade do solo

A reflectometria no domínio do tempo para determinação da umidade volumétrica baseia-se na propriedade física do solo, a constante dielétrica que é correlacionada com o teor de água presente no solo. A constante dielétrica aparente do solo (K_a) é estabelecida por meio de velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência que se propagam ao longo de uma guia metálica introduzida no solo e é calculada segundo a equação 1.

$$K_a = \left(\frac{ct}{2L} \right)^2 \quad (1)$$

Em que:

t – tempo de trânsito da onda na haste, s;

c – velocidade da onda eletromagnética no espaço livre, $m\ s^{-1}$ e

L – comprimento da guia metálica, m.

Como a água possui condutividade elétrica maior que a dos demais componentes do solo, a medida que houver aumento da umidade do solo, a constante elétrica aparente do solo também aumentará e maior será o tempo necessário para o deslocamento do pulso eletromagnético aplicado (NOBORIO, 2001).

Os primeiros trabalhos foram realizados por Topp et al.(1980) em que propuseram uma equação empírica (equação 2) entre umidade do solo (θ) e constante dielétrica aparente a qual serve para vários tipos e texturas de solo. Por esse motivo a equação tornou-se a universal para determinar a umidade do solo.

$$\theta_v = -5,3 \cdot 10^{-2} + 2,29 \cdot 10^{-2} K_a - 5,5 \cdot 10^{-4} K_a^2 + 4,3 \cdot 10^{-6} K_a^3 \quad (2)$$

Contudo, Jones et al.(2002) afirmam que essa equação apresenta falhas para leituras da constante dielétrica para solos com teores de umidade acima de 50% bem como para solos com alto teor de matéria orgânica e argilas.

Posteriormente, Ledieu et al.(1986) propuseram uma equação (3) linear para o cálculo da umidade volumétrica.

$$\theta_v = 0,1138\sqrt{K_a} - 0,1758 \quad (3)$$

Os modelos empíricos de calibração pressupõe que a relação entre a constante dielétrica aparente e o conteúdo de água no solo, são dependente apenas deste último, e que tais modelos são apenas relações funcionais entre variáveis, não havendo necessariamente um significado físico para a relação encontrada (TOMMSELLI; BACCHI, 2001)

O uso da técnica o TDR resulta em algumas vantagens como permitir leituras contínuas em tempo real, ser um método não destrutivo, ser de fácil calibração, não possuir riscos radiativos como a sonda de nêutrons e possibilidade de automação e acoplamento a dispositivos multiplexadores (COELHO; OR, 1996; TOPP et al., 1980), permitindo monitorar a redistribuição de água no perfil do solo (TEIXEIRA et al., 2005).

Como desvantagens estão a dependência do teor de materiais magnéticos e do tipo de solo e a influência dos óxidos de Fe e da massa específica do solo sobre as medidas (SOUZA et al., 2001), o elevado valor de aquisição do equipamento (SANTOS et al., 2010) e a variação da leitura de umidade do solo com a variação do comprimento do cabo coaxial quando utilizado acoplamento com multiplexadores (PAMPONET et al., 2011).

REFERÊNCIAS

- AHMADI, S. H.; ANDERSEN, M. N.; PLAUBORG, F.; POULSEN, R. T.; JENSEN, C. R.; SEPASKHAH, A. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field-grown potatoes : Gas exchange and xylem [ABA]. *Agricultural Water Management*, v.97, p.1486–1494, 2010.
- AHMADI, S. H.; PLAUBORG, F.; ANDERSEN, M. N.; SEPASKHAH, A. R.; JENSEN, C. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Root distribution. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1280–1290, 2011.
- ALVES, R. E.; BEZERRA, M. A.; MIRANDA, F. R. de.; SILVA, H. Acerola. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Eds.). *Adubando para alta produtividade: fruteiras tropicais do Brasil*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 13–30.
- ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Botânica da Aceroleira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Eds.). *Acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p.7–14.
- ALVES JUNIOR, J.; ARAÚJO, F. J. M.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; VELLAME, L. M. Distribuição espacial do sistema radicular de plantas de pinhão manso. *Revista Agrotecnologia*, Anápolis, GO, v.5, n.1, p.50–61, 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil:2013* . Brasília:ANA, 2013. 432 p.
- AZEVEDO, M. C. B.; CHOPART, J. L.; MEDINA, C. C. Sugarcane root length density and distribution from root intersection counting on a trench-profile. *Scientia Agricola*, v.68, p.94–101, 2011.
- BLISKA, F. M. de M.; LEITE, R. S. da S. F. Aspectos econômicos e de mercado. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Eds.). *Acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p.107–123.
- BOX, J. E. Modern methods for root investigations. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) *Plant roots: The hidden half*. New York: Marcel Dekker, 1996. p.193–233.
- BURKART, S.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H. J. Interactive effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, v.21, p.401–417, 2004.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALES, M. G. N.; POPPER, I. O. Novas cultivares de acerola (*Malpighia Emarginata* DC): UEL 3 - DOMINGA, UEL 4 - LÍGIA e UEL 5 - NATÁLIA. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.124–126, 2002.

- CARVALHO, R. de A.; Ferreira, C. A. P.; Nascimento Júnior, J de D. B do.; Menezes, A. J. E. A de.; Suzuki, E.; Sasaki, G. *Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé - Açu, Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21 p.
- CECÍLIO, R. A.; MEDEIROS, S. de S.; SILVA JÚNIOR, J. L. C. da. Aptidão agroclimática para o cultivo da acerola na Bahia. *Bahia Agrícola*, v.6, n.3, p.20–23, 2004.
- COELHO, E. F.; OR, D. Flow and uptake patterns affecting soil eater sensor placement drip irrigation management. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v.39, n.6, p.2007–2016, 1996.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; ARAUJO, E. C. E . Comparação de métodos de obtenção de imagens digitais de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28. 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas:SBEA/UFPEL-FEA, 1999. CD-ROM.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F das C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. P.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p.250–256, 2001.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, Á. S. de; OLIVEIRA, J. R. P. Irrigação. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Eds.). *A cultura da aceroleira*. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p.102-110
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em latossolo de tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.175–178, 2005.
- CONGROVE, C. E.; COSGROVE, W. J. *The dynamics o global water futures: driving Forces 2011 - 2050*. Paris: Unesco, 2012
- COSTA, F. de A.; ANDRADE, W. D. C. de. *A Cultura da Acerola no Brasil e no Pará: aspectos estruturais de produção e mercado*. Belém: ADS/AMAZÔNIA, 2003. 103 p.
- COSTA, M. A. P. de C.; SOUZA, F. V. D. S.; LUNA, J. V. U.; CASTELLEN, M da S.; ALMEIDA, W. A. B de.; SILVA, S. A.; DANTAS, A. C. V. L. Conservação de fruteiras potenciais para o nordeste brasileiro. *Tópicos em Ciências Agrárias*, v.8. , p.1–13, 2009.
- COSTA, A. C. SOUSA.; LIMA, M. A. C de.; ALVES, R. E.; ARAÚJO, A. L. de S.; BATISTA, P. F.; ROSATTI, S. R.; RISTOW, N. C. Caracterização físico-química de acerola e dos resíduos do processamento em dois estádios de maturação. III Simpósio Brasileiro de Pós-colheita - SPC 2011. *Anais...*2011.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. *Revista de Política Agrícola*, v. 22, n. 1, p. 115–127, 2012.

DANIEL, R. Produtividade e eficiência de uso de água na cultura da mangueira sob secamento parcial de raiz em condições semiáridas. Cruz das Almas, BA, 2012. 40f. *Tese (Doutorado)*. UFRB, Cruz das Almas.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying Soil. *Annual Review of Plant Physiology*, v.42, p.55–76, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. *Acerola Rubra*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004.

EMBRAPA. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 14 nov. 2013.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Deficit irrigation practices*. Rome: FAO, 2002. 102 p. (Water Reports 22).

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture*. Rome, 2013. 289 p.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, v.33, p.317-345, 1982.

FRACARO, A. A.; PEREIRA, F. M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira “rica” produzida a partir de estaquia herbácea. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.183–185, 2004.

FREIRE, J. L de O.; LIMA, A. N de.; SANTOS, F. G. B dos.; MARINUS, J. V de M. L.; FREITAS, H. E. S. C de. Teores de nutrientes na área foliar de plantas em fase de produção e exportação de nutrientes de frutos de acerola em pomares do Estado da Paraíba. *Engenharia Ambiental*, v.4, n.2, p.79–91, 2007.

FURLANETO, F. P. B.; NASSER, M. D. Panorama da cultura da acerola no estado de São Paulo. *Pesquisa & Tecnologia*, v.12, n.1, 2015.

GRIMES, D. W.; WALHOOD, V. T.; DICKENS, W. L. Alternate-furrow irrigation. *California Agriculture*, p.4–6, 1968.

GOMES, P. M. de A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, n.2, p.157–165, 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: *NUTRIÇÃO e fertilização de florestas*. Piracicaba: IPEF, cap.8, p.221-267, 2000.

HUTTON, R. J. *Effects of cultural management and different irrigation regimes on tree growth, production, fruit quality and water relations of sweet orange C. Sinensis (L.)*. 2004. 271 p. Department of Crop Sciences, University of Sydney, 2004.

JONES, H. G. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

JONES, S. B.; WRAITH, J. M.; OR, D. Time domain reflectometry measurement principles and applications. *Hydrological Processes*, n.6, p.141–153, 2002.

KANG, S.; ZHANG, L.; LIANG, Y.; HU, X.; CAI, H.; GU, B. Effects of limited irrigation on yield and water use of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, v.55, p.203–216, 2002.

KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of experimental botany*, v.55, n.407, p.2437–2446, nov. 2004.

KIRDA, C.; CETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; DERICI, M. R.; OZGUVEN, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, v.69, p.191–201, 2004.

KRIEDEMANN, P. E.; GOODWIN, I. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *Irrigation Insights*, n.4, 2003. 107 p.

LEDIEU, J.; RIDDER, P de.; CLERCK, P de.; DAUTREBANDE, S. A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometru. *Journal. Hydrol.*, n.88, p.319–328, 1986.

LI, F.; WEI, C.; ZHANG, F.; ZHANG, J.; NONG, M.; KANG, S. Water-use efficiency and physiological responses of maize under partial root-zone irrigation. *Agricultural Water Management*, v.97, p.1156–1164, 2010.

LI, C.; SUN, J.; LI, F.; ZHOU, X.; LI, Z.; QIANG, X.; GUO, D. Response of root morphology and distribution in maize to alternate furrow irrigation. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1789–1798, 2011.

LOPES, A. da S.; HERNADEZ, F. B. T.; JUNIOR ALVES, J. P.; OLIVEIRA, G. Q. Distribution of the root system of peach palm under drip irrigation. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.36, n.3, p.317-221, 2014.

LUCAS, A. A. T.; FRIZZONE, J. A.; FILHO COELHO, M. A. Características da distribuição radicular de maracujazeiro sob fertirrigação. *Irriga, Botucatu*, v.17, n.2, p.245-250, 2012.

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão “Cravo” enxertado com lima ácida “Tahiti”. *Laranja*, v.21, n.2, p.359–380, 2000.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. DE C. E.; SILVA, H. R. da. *Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*. 2. ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2008. 150 p.

MCCULLY, M. Root in soil: Unearthing the complexities of roots and their rhizosphers. *Annul. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, v.50, p.695–718, 1999.

MUSSER, R. dos S. Tratos culturais da cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Eds.). *Acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p.47–52.

MUSSER, R dos S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G de.; MÉLO, E de A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V, F dos. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. *Ciência e Tecnologia de alimentos*, v.24, n.4, p.556–561, 2004.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry : a review. *Computers and eletrronics in agriculture*, v.31, p.213–237, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V de.;BURITY, H. A.;SILVA JÚNIOR, J. F da. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.4, p.463–470, 2002.

OLIVEIRA, J. R. P.; REINHARDT, D. H.; SOARES FILHO, W. dos S. Colheita. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Eds.). *A cultura da aceroleira*. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p.145-163

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W dos S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. Simpósio de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste do Brasil, 1998, Petrolina. *Anais...PE: Embrapa Semi Árido*, 1998

PAIVA, J. R de.; ALVES, R. E.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F.; ALMEIDA, A. da S.; NORÕES, N. P. *Clones de Aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 3p (Comunicado Técnico 87).

PAMPONET, A. J. M.; COELHO, E. F.; SANTANA JUNIOR, E. B.; CARVALHO, G. C. Comprimentos de Cabos entre TDR e multiplexadores e efeitos na determinação da umidade do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 33, 2011, Uberlândia. *Anais... MG*. 2011. CD-ROM.

PANIGRAHI, P.; SHARMA, R. K.; PARIHAR, S. S.; HASAN, M.; RANA, D. S. Economic Analysis of drip-irrigated kinnow mandarin orchard under deficit irrigation and partial root zone drying. *Irrigation and Drainage*, v.62, p.67–73, 2013.

PAULL, R. E.; DUARTE, O. *Tropical Fruits*. 2. ed. Cambridge: CAB International, v.1, p.408. 2010.

PEREZ, J. G. P.; DODD, I. C.; BOTÍA, P. Partial rootzone drying increases water-use efficiency of lemon Fino 49 trees independently of root-to-shoot ABA signaling. *Functional Plant Biology*, v.39, p.366–378, 2012.

PÉREZ-PASTOR, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; DOMINGO, R.; TORRECILLAS, A. Growth and phenological stages of “ Búlida ” apricot trees in south-east Spain . *Agronomie*, v.24, p.93–100, 2004.

RICHARDS, D. The grape root system. *Horticultural Review*, v.5, n.127-168, 1983.

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

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. *Informe Agropecuário*, v.32, n.264, p.17–25, set. 2011.

RODRIGUES, M. C.; SANTOS, T. P.; RODRIGUES, A. P.; SOUZA, C. R. de.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. *Functional Plant Biology*, Camberra, v.35, p.565–579, 2008.

ROMERO, P.; BOTIA, P.; GARCIA, F. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil*, v.260, p.169–181, 2004.

SAEED, H.; GROVE, I. G.; KETTLEWELL, P. S.; HALL, N. W. Potential of partial rootzone drying as an alternative irrigation technique for potatoes (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology*, v.152, p.71–80, 2008.

SANTOS, T. P. dos.; LOPES, C. M.; RODRIGUES, M. L.; SOUZA, C. R. de.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S.; SILVA, J. R.; CHAVES, M. M. Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology*, v.30, p.663–671, 2003.

SANTOS, D. B. dos.; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. de. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p.327–333, 2005.

SANTOS, M. R. dos; ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, n.34, p.299–307, 2010.

SANTOS, M. R. dos.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of 'Tommy Atkins' mango under different irrigation regimes. *Rev. bras. Eng. Agríc. Ambient*, v.18, n.4, 2014.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida 'tahiti' submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga, Botucatu*, v.19, n.2, p.292-301, 2014.

SAVIĆ, S.; STIKIĆ, R.; RADOVIĆ, B. V.; BOGIČEVIĆ, B.; JOVANOVIĆ, Z.; ŠUKALOVIĆ, V. H. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, v.117, p.15–20. jun. 2008.

SLOVIK, S.; DAETER, W.; HARTUNG, W. Compartmental redistribution and long-distance transport of abscisic acid (ABA) in plants as influenced by environmental changes in the rhizosphere: a biomathematical model. *Journal of Experimental Botany*, v. 46, p. 881–894, 1995.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Experience of the Laboratory of Hydraulics, Irrigation and Drainage of University Of Agriculture Engineering/Unicamp in the use of the technique of TDR. In: MATSURA, E. E. et al. (Eds.). *Applications of the technique of TDR in the Agriculture*. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2001. p.147–176.

SOUZA, L. D.; GOMES, J. de C.; SOUZA, L. da S. Manejo e conservação do solo. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Eds.). *A cultura da aceroleira*. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p.29-47

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4°. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V. de. Índices-Limite do Clima para o cultivo da acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.12, p.1403–1410, 1995.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do Tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, n.29, p.161–168, 2005.

TOMMSELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.9, p.1145-1154, 2001.

TOPCU, S.; KIRDA, C.; DASGAN, Y.; KAMAN, H.; CETIN, M.; YAZICI, A.; BACON, M. A. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, v.26, p.64–70, 2007.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, v.16, n.3, p.574–582, 1980.

TORRECILLAS, A.; DOMINGO, R.; GALEGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C. Apricot tree response to with holding irrigation at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*, v.85, p.201–215, 2000.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. *Revista brasileira de ciências do solo*, v.27, n.3, p.849–858, 2003.

XIE, K.; WANG, X. X.; ZHANG, R.; GONG, X.; ZHANG, S.; MARES, V.; GAVILÁN, C.; POSADAS, A.; QUIROZ, R. Partial root-zone drying irrigation and water utilization efficiency by the potato crop in semi-arid regions in China. *Scientia Horticulturae*, v.134, p.20–25, fev. 2012.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M de T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudos da estabilidade de vitamina C. *Ciência e Tecnologia de alimentos*, v.23, n.1, p.92–94, 2003.

CAPÍTULO 2: Distribuição do sistema radicular da aceroleira submetida à irrigação com secamento parcial do sistema radicular

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da técnica de secamento parcial do sistema radicular (PRD) sobre produtividade, eficiência do uso da água e comportamento da distribuição do sistema radicular da aceroleira, nas condições do bioma da Chapada Diamantina – BA. A técnica do PRD foi avaliada em um experimento com as variedades de acerola Junco e Rubra, na Fazenda Ceral pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, no Município de Lençóis. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, com duas variedades, cinco manejos de irrigação (PRD 7 – redução de 50% da ETc alternando a cada 7 dias, PRD 14 – redução de 50% da ETc alternando a cada 14 dias, PRD 21 – redução de 50% da ETc alternando a cada 21 dias, IF – irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP – irrigação plena, ou seja, 100% da ETc, em ambos os lados da planta. Em cada manejo foram feitas três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. As maiores produtividades foram registradas para os manejos de PRD 50% com alternância de 7 e 14 dias e com irrigação plena 100% da ETc. Em todos os tipos de manejo de irrigação observou-se a maior densidade de comprimento de raiz (DCR) na camada mais superficial do solo, destacando-se a irrigação alternada a cada sete dias (PRD 7) por apresentar a maior densidade de raízes das plantas. A densidade de comprimento de raízes da variedade Junco é mais homogênea em relação à distância do colo da planta do que na variedade Rubra, entretanto, esta diferença na arquitetura do sistema radicular entre as variedades não se refletiu na produtividade da planta nem na eficiência do uso da água. A irrigação com déficit pode ser utilizada como alternativa para o manejo de água no pomar de acerolas nas condições avaliadas, sem impactos na produção de frutos quando se reduz em 50% o volume da água de irrigação com o molhamento alternado do sistema radicular a cada 7 ou 14 dias. A eficiência do uso da água quando aplicado PRD 7 ou 14 é mais do que o dobro da irrigação plena.

Palavras-chave: Produtividade; eficiência do uso de água; manejos de irrigação

Root system distribution of Barbados Cherry submitted to irrigation with partial root drying

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of the partial root drying (PRD) technique on productivity, water use efficiency and root system distribution for Bermuda Cherry under conditions of Chapada Diamantina-Bahia State biome. The PRD technique was evaluated in an experiment with the varieties of Bermuda Cherry: Junco and Rubra in Ceral farm, Organic Bioenergy Company at Lençóis, Bahia State. The experiment followed a random block design with two varieties, five irrigation schedules and three replications totalizing 30 experimental plots. The irrigation schedules were: (PRD 7 – reduction of 50% ETC switching plant side every 7 days, PRD 14 – reduction of 50% ETC switching plant side every 14 days, PRD 21 – reduction of 50% ETC switching plant side every 21 days, IF – reduction of 50% ETC keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cycle and IP – full irrigation, i.e., 100% ETC). The largest productivities were registered when irrigation has supplied 100% ETC and for PRD with reduction 50% ETC switching plant sides every 7 and 14 days. Larger root density length took place in the shallower soil layer. Switching irrigation plant sides every 7 days resulted in larger root length density. Root distribution has evidenced difference between varieties. Root length density for Junco is more uniform than for Rubra concerning to the distance from the plant. Irrigation deficit might be used as alternative for irrigation management for Barbado Cherry under conditions of the study without impact in fruit yield when irrigation water is reduced 50% switching irrigated plant side every 7 or 14 days.

Key words: Productivity; water use efficiency; irrigation schedule

1 INTRODUÇÃO

A acerola é uma fruta tropical que se destaca por possuir elevado teor de vitamina C (SANTOS et al., 2012; MERCALI et al., 2013) sendo o Brasil um dos poucos países que cultivam comercialmente esta fruta. Por ser uma planta muito rústica e resistente, se espalhou facilmente por várias áreas tropicais, subtropicais e até semiáridas do país (OLIVEIRA; SOARES, 1998; RITZINGER; RITZINGER, 2011; SILVA et al., 2014). A aceroleira pode produzir varias safras ao longo do ano e a maior parte da produção brasileira é adquirida pelas indústrias de processamento, sendo uma cultura que necessita de água para produção dos frutos, sendo que, as variações climáticas influenciam bastante nos meses em que a safra se concentra. A prática da irrigação e o clima podem favorecer o crescimento, propiciando também a floração e frutificação quase contínua (ALVES, 1992; RITZINGER; RITZINGER, 2011).

A adesão de novas pratica de irrigação vem se tornando cada vez mais frequentes, tendo como objetivo aumentar a produção das culturas e reduzir o consumo de água (AHMADI et al., 2011). A avaliação do sistema radicular de uma cultura pode ser considerada essencial para a escolha adequada do sistema de manejo que vise à otimização da produtividade agrícola. A distribuição das raízes no solo é decorrente de uma série de processos complexos e dinâmicos, que incluem as interações entre o solo, o ambiente e as plantas em pleno crescimento (GAO et al., 2010). A espécie vegetal e as características genéticas das cultivares são também fatores que interferem no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (AIDAR et al., 2003). As raízes são responsáveis pela absorção de água e possuem um papel importante no desenvolvimento da planta, de modo que a compreensão da dinâmica das raízes e sua competição com a parte aérea é essencial, especialmente quando a água é limitada (SOUZA, et al., 2009; AFFI et al., 2013; ALVES JÚNIOR. et al., 2014).

A Absorção de água do solo é uma função da atividade e distribuição de raízes. O conhecimento da absorção de água do solo é essencial para o manejo de irrigação sustentável e desenvolvimento de uma gestão eficiente da água na agricultura (COELHO; OR, 1999; LV et al., 2010).

O sistema radicular tem uma resposta imediata a quaisquer mudanças na umidade do solo, ajustando a abertura estomática e melhorando a relação entre água e rendimento, sendo sua morfologia e distribuição um assunto de grande interesse (DAVIES et al., 2002; JOSE et al., 2001; WILKINSON; DAVIES, 2002). Sob déficit hídrico severo na camada superficial do solo há o aumento do comprimento das raízes e redução no diâmetro, o que reduz a resistência

das raízes, induzindo a absorção de água das camadas mais profundas (COSTA et al., 2000). No entanto, as dúvidas sobre a forma como o déficit hídrico do solo afeta a absorção e transporte de água pela raiz e que estrutura morfológica das raízes é utilizada para se adaptar ao solo com diferentes teores de água não são claros (SHAN, 2007). Portanto, os estudos da morfologia radicular e sua distribuição sob estresse hídrico pode contribuir para o entendimento da funções do sistema radicular na produção agrícola (LI et al., 2004).

Uma técnica de irrigação alternativa para a otimização do uso da água é conhecida como secamento parcial do sistema radicular (PRD) a qual se baseia na aplicação de parte da água requerida pela cultura de forma alternada, enquanto parte das raízes é irrigada, outra parte é expostas ao secamento do solo (SANTOS, 2012). A frequência regular de tempo de irrigação de cada um dos lados é definida em função da cultura e da fase fenológica (KANG; ZHANG, 2004). Esta técnica permite economia significativa de água e aumenta a eficiência do uso da água (EUA) sem contudo, provocar maiores impactos na produção de biomassa das culturas (KIRDA et al., 2004; DU et al., 2006; LEIB et al., 2006; DU et al., 2008; YANG et al., 2012; DANIEL, 2012). Os dois pressupostos teóricos desta técnica são: (1) a parte do sistema radicular sem irrigação deve responder ao estresse hídrico enviando um sinal da raiz, sobretudo o ácido abscísico (ABA), para a parte aérea que resulta no fechamento dos estômatos que conseqüentemente reduz a perda de água (DAVIES; ZHANG, 1991), (2) uma pequena redução da abertura estomática pode reduzir significativamente a perda de água sem, apresentar grande impacto sobre a fotossíntese (JONES, 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do método do secamento parcial do sistema radicular sobre produtividade, eficiência do uso da água e comportamento da distribuição do sistema radicular das cultivares de aceroleira Junco e Rubra, nas condições do bioma da Chapada Diamantina-BA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A técnica do PRD foi avaliada em um experimento com as variedades de acerola Junco e Rubra, na Fazenda Ceral pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, localizada na chapada Diamantina, Município de Lençóis, localizado no centro sul do Estado da Bahia, a 12°44' de latitude sul, 41°23' de longitude oeste e 421 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen seu clima é Aw o que indica a existência de um clima tropical com chuvas de verão. As características físicas do solo e de retenção de água estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Análise física e classificação textural do solo

Camada (m)	Classificação granulométrica (g kg ⁻¹)								Classificação Textural
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte	Argila	
0,00 – 0,20	6	43	166	214	59	488	110	402	Argila arenosa
0,20 – 0,40	6	43	159	205	58	471	99	430	Argila arenosa
0,40 – 0,60	4	39	157	211	61	472	77	451	Argila arenosa
0,60 – 0,80	4	36	147	198	62	447	93	460	Argila

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = Areia muito fina; AT = areia total.

Tabela 2. Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível para o solo da área experimental

Camada (m)	ρ_s (kg dm ⁻³)	Umidade Volumétrica (cm cm ⁻³)					Água disponível (%)
		Potencial Matricial (kPa)					
		-10	-33	-100	-300	-1500	
0,00 – 0,20	1,29	0,257	0,215	0,187	0,165	0,158	9,96
0,20 – 0,40	1,36	0,205	0,197	0,173	0,162	0,154	5,08
0,40 – 0,60	1,27	0,216	0,207	0,187	0,175	0,163	5,29

ρ_s – Densidade do solo.

O experimento foi executado em uma área de aceroleira com espaçamento de 4m x 2m, irrigada por gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹, em duas linhas laterais por fileira de plantas e seis emissores por planta, sendo três em cada linha lateral separados de 0,40 m.

O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, com duas variedades, cinco manejos de irrigação e três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por quatro plantas úteis, e entre as parcelas havia uma planta que serviu como bordadura. As variedades estudadas foram Junco e Rubra, enxertadas, com três anos de idade

Os manejos de irrigação foram baseados na percentagem de redução da lâmina calculada de irrigação que foi de 50%, aplicada em apenas um lado da planta, com diferentes períodos de alternância. Dessa forma têm-se: PRD 7 – redução de 50% da ETc alternado a cada 7 dias, PRD 14 – redução de 50% da ETc alternado a cada 14 dias, PRD 21 – redução de 50% da ETc alternado a cada 21 dias, IF – irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc e o controle IP – irrigação plena, ou seja, 100% da ETc.

2.1 Manejo da Irrigação

Para a realização da irrigação levou-se em conta a evapotranspiração baseada em dados climáticos, e calculada pelo método de Hargreaves e Samani, (1985). Para tanto, foi instalado na propriedade uma estação meteorológica automática (Figura 1) que disponibilizou os dados de umidade relativa, temperatura máxima e mínima e a precipitação ocorrida.



Figura 1. Estação meteorológica para obtenção dos parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração.

Na Figura 2 observa-se que a temperatura média situou-se entre 24 e 28°C, onde o mês de agosto apresentou os menores valores. As temperaturas mais elevadas ocorreram a partir do final de setembro até a primeira quinzena de dezembro. No final de novembro observou-se uma queda das temperaturas máximas até atingir os 24,5 °C, fato que se deve as chuvas ocorridas nesse período, o que ocorreu novamente a partir da segunda quinzena de dezembro.

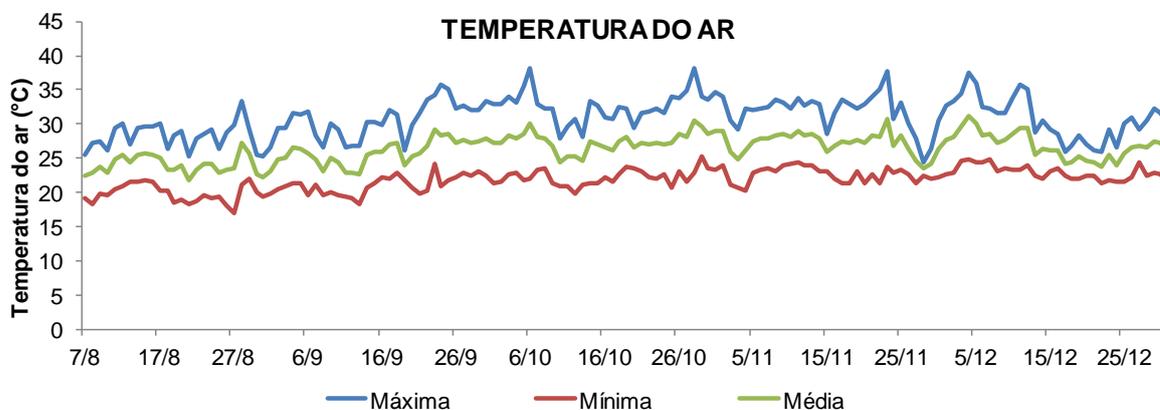


Figura 2. Variação da temperatura do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013.

A umidade relativa máxima atinge valores superiores a 70% em quase todos os dias. E a umidade relativa mínima, em torno de 30%, ocorreram nos meses de outubro e novembro. A umidade relativa média situa-se entre 60 e 75% no mês de agosto até final de setembro e na quinzena de dezembro quando começa o período chuvoso. De outubro até a primeira quinzena de dezembro a umidade relativa média situou-se entre 50 e 65% (Figura 3).

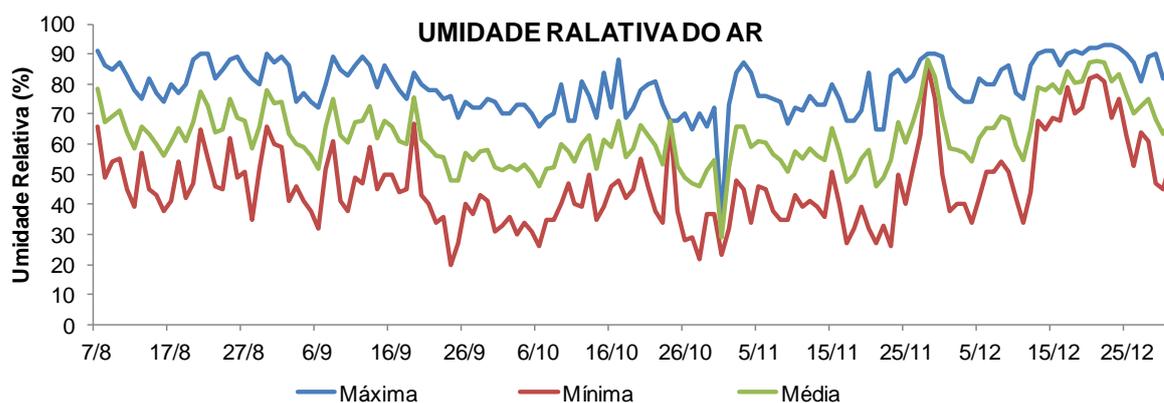


Figura 3. Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013.

Os menores valores de evapotranspiração ocorreram nos meses de agosto até o final de setembro, coincidindo com os menores valores de temperatura do ar e maiores percentagens de umidade relativa. Os maiores valores ocorreram nos meses em que houve aumento da temperatura do ar e queda da umidade relativa, ou seja, no mês de outubro ao final de novembro (Figura 4).

As lâminas de irrigação aplicadas variaram de 9 à 18 mm, as quais foram dependentes da ocorrência de chuvas e do turno de rega que variou de dois a três dias. As irrigações compreenderam praticamente todo o período de avaliação onde foram aplicados cerca de 490 e 245 mm de água para o manejo IP e para os demais manejos, respectivamente.

As precipitações ocorreram do final de novembro, 42,1 mm e na segunda quinzena de dezembro, 58 mm. Durante esses dois momentos ocorrem outras precipitações, no entanto, com menores volumes chuva.

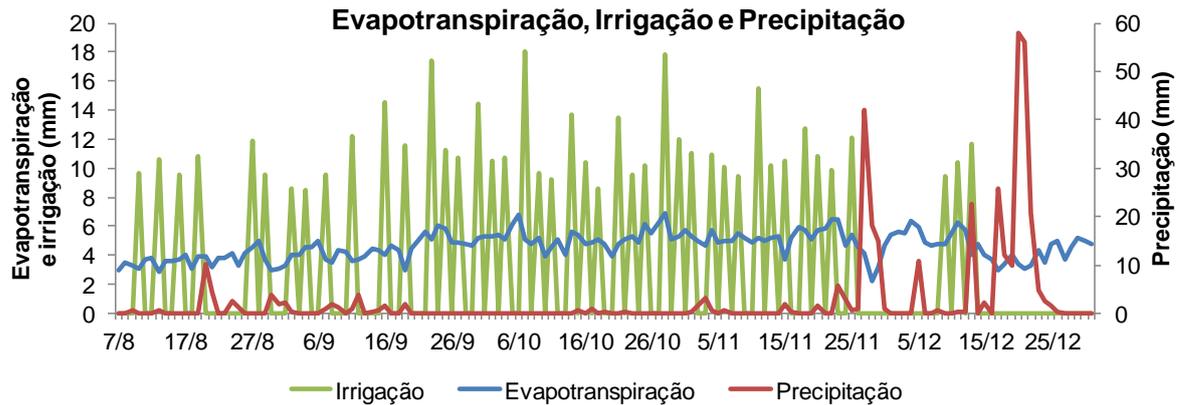


Figura 4. Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto à dezembro de 2013.

No cálculo da lâmina de água aplicada para a irrigação plena (equação 1) foi considerado um coeficiente da cultura (K_c) igual a 0,95 (COELHO et al., 2003), coeficiente de redução (K_r) de 0,8 e, eficiência de aplicação do sistema considerada de 0,85. Nos manejos de irrigação em PRD e irrigação fixa as plantas recebiam 50% da irrigação plena.

$$I = \frac{ET_o * K_c * K_r}{E_a} \quad (1)$$

Em que:

- I – Lâmina de irrigação, mm;
- ET_o – Evapotranspiração da cultura, mm;
- K_c – Coeficiente da cultura;
- K_r – Coeficiente de redução;
- E_a – Eficiência de aplicação, %.

Para o cálculo do tempo de irrigação foi utilizado a equação 2, na qual considerou-se o volume de água aplicado, o número de gotejadores por planta e a vazão de cada gotejador. Uma vez que o volume de água aplicado nos manejos PRD e Irrigação Fixa era a metade de Irrigação Plena, e que nesses manejos haviam três gotejadores por planta efetivamente irrigando, enquanto que em Irrigação Plena eram 6 gotejadores por planta, o tempo de irrigação foi o mesmo para todos os manejos.

$$T_i = \frac{V_a}{N_g * Q_g} \quad (2)$$

Em que:

Ti – Tempo de irrigação, horas;

Ng – número de gotejadores;

Qg – Vazão de cada gotejador, L h⁻¹ e

Va – Volume de água aplicado, L, que foi calculado através da equação 3.

$$Va = (I - P) * AC \quad (3)$$

Onde:

I – Lâmina de irrigação, mm;

P – Precipitação, mm e

AC – Área de projeção da copa, m².

2.2 Eficiência do uso de água

A eficiência de uso da água foi calculada para todos os manejos considerando a produtividade, evapotranspiração da cultura e a lâmina bruta aplicada para as condições, de acordo com a equação 4:

$$EUA = \frac{PROD}{I} \quad (4)$$

Onde:

EUA – Eficiência de uso da água, kg ha⁻¹ mm⁻¹;

PROD – Produtividade, kg ha⁻¹ e

I – Lâmina de irrigação, mm.

2.3 Avaliação do sistema radicular

Para retirada das amostras de raízes realizou-se a abertura de trincheiras na direção longitudinal às linhas de irrigação, com as dimensões de 0,70 m de comprimento, 0,50 m de largura e profundidade de 0,90 m, uma em cada manejo de irrigação, nos três blocos. As amostras (Figura 5A) foram retiradas em monolitos de 0,1 x 0,1 x 0,1 m (BOHM, 1979), nas distâncias a partir da planta de 0,20 – 0,30; 0,35 – 0,45; 0,50 – 0,60; 0,65 – 0,75 e 0,8 – 0,9 m e nas profundidade a partir da superfície do solo de 0,0 – 0,10; 0,15 – 0,25; 0,30 – 0,40; 0,45 – 0,55 e 0,60 – 0,70 m, nos dois lados das trincheiras, sendo assim para cada manejo foram coletadas 50 amostras, totalizando 1500 amostras retiradas.

Em seguida, as amostras foram armazenadas em sacolas plásticas e identificadas (Figura 5B) para serem levadas até o laboratório onde as raízes foram separadas do solo por lavagem com água.



Figura 5. Trincheira aberta após a coleta das raízes (A) e amostras devidamente armazenadas e identificadas (B).

As raízes foram expostas a secagem natural em uma bancada, posteriormente separadas de acordo com os diâmetros dos segmentos e colocadas em folhas de transparência que, por sua vez, foram digitalizadas em arquivos TIFF (Tagged Image File Format) comprimidos, usando ‘scanner’ de resolução 600 dpi, escala de 100% e brilho entre 125 e 145). Os arquivos digitalizados foram submetidos ao software Rootedge (COELHO et al., 1999; KASPAR; EWING, 1997) para a determinação das características geométricas. Os dados de comprimento de raízes, permitiram a determinação da densidade de comprimento de raízes, pela razão entre a soma do comprimento de todos os segmentos de raízes e do volume da amostra, (equação 5), bem como a percentagem do comprimento de raízes para cada posição.

$$DCR = \frac{L_r}{V} \quad (5)$$

Em que:

DCR – Densidade de comprimento de raízes, cm cm^{-3} ;

L_r – Comprimento total de raízes, cm, e

V – Volume da amostra, cm^3 .

2.4 Análise estatística

Para os dados de produtividade e eficiência do uso de água foi realizado o teste F da anava seguindo delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, na qual foi considerada a variedade como parcela e o manejo a subparcela.

Para os dados de densidade de comprimento de raízes foi realizado o teste F da anava segundo o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida no espaço, sendo a variedade considerada a parcela, o manejo a subparcela, o lado da planta a subsubparcela, as distâncias da planta a subsubparcela e a profundidade a subsubsubparcela. Para os dados de raiz foi realizada transformação raiz (x) visando o atendimento das pressuposições da anava. As análises foram realizadas com o auxílio do programa SAS - Statistical Analysis System (SAS Institute., 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância para as variáveis produtividade e eficiência do uso de água (Tabela 3), houve diferença estatística ($P < 0,05$) pelo teste F para a variável manejo, enquanto que variedade e a interação entre variedade e manejo não apresentaram diferença estatística.

Tabela 3. Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Produtividade	Eficiência do uso de água
Bloco	2	95004,175 ^{ns}	1,1367 ^{ns}
Var	1	88211,603 ^{ns}	0,3608 ^{ns}
Resíduo a	2	403877,762	3,2343
Man	4	3141997,951 ^{**}	16,011 ^{**}
Var x Man	4	423731,553 ^{ns}	0,6598 ^{ns}
Resíduo b	16	60836,851	0,9928
Total Corrigido	29		
CV (%)		27,92	30,97

As maiores produtividades das aceroleiras foram obtidas quando a irrigação supriu 100% da ETc, e no sistema de molhamento parcial do sistema radicular (PRD), com 50% da ETc, alternado a cada 7 ou 14 dias (Tabela 4). Diversos autores encontraram resultados similares ao observarem que plantas submetidas ao PRD apresentam produtividades similares às plantas submetidas à irrigação plena. A produtividade e tamanho do fruto de maçã

cultivada sob PRD com 50% da capacidade de campo foi a mesma obtida nas plantas controle que foram mantidas a 80% da capacidade de campo (LEIB et al., 2006). Em experimento similar foi observada a ausência de diferença significativa na produtividade de tomate sob irrigação plena e PDR 50% (KIRDA et al., 2004). O rendimento do algodão semente em plantas irrigadas pelo sistema convencional foi o mesmo das plantas cultivadas sob PRD utilizando 33% da água do sistema convencional (DU et al., 2006). A produtividade de frutos de uva em plantas cultivadas sob irrigação plena foi o mesmo das plantas cultivadas sob PRD, sendo que os frutos deste último apresentaram um aumento do teor de vitamina C entre 15 a 42% (DU et al., 2008).

Os trabalhos desenvolvidos utilizando PRD destacam o aumento da eficiência do uso da água, calculado como o carbono adquirido por unidade de água perdida, com valores que variam entre 12,5 a 36,3% considerando diversas culturas como uva, tomate, milho, e algodão (DU et al., 2006; LI et al., 2007; DU et al., 2008; LI et al., 2011; YANG et al., 2012). A eficiência do uso da água na produção de frutos de acerola foi maior nas plantas irrigadas sob PRD com 7 dias de intervalo entre as irrigações, atingindo valores superiores à 50% quando comparado à irrigação plena. O incremento da eficiência do uso da água é fundamental em regiões semiáridas, que se caracterizam por seu balanço hídrico deficitário, particularmente no que se refere às trocas com a atmosfera. A região Nordeste, semiárida em sua maior parte, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos do Brasil e exige, portanto, modelos de irrigação que permitam maior eficiência no uso de água além de seu aproveitamento racional para garantir a convivência da população com o Semiárido.

Tabela 4. Produtividade de frutos e eficiência do uso de água em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com %0% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA

Manejo de irrigação	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Eficiência do uso de água (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
PRD 7dias	1362,8 a	5,5617 a
PRD 14dias	1042,3 ab	4,2567 ab
PRD 21dias	615,8 bc	2,5133 bc
IF	444,7 c	1,8150 c
IP	950,6 ab	1,9383 c

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (p<0,01) pelo teste Tukey.

A tabela 5 apresenta a análise de variância para as médias de densidade de comprimento de raízes ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), onde observa-se efeito significativo apenas para as interações dupla entre manejo de irrigação e profundidade, bem como para a interação tripla variedade x distância x profundidade.

Tabela 5. Análise de variância para as médias de densidade de comprimento de raízes

Fonte de variação ²	GL	Quadrado médio DCR ¹ (cm cm^{-3})
Bloco	2	0.15658061 ^{ns}
Var	1	0.02941908 ^{ns}
Resíduo a	2	0.11850211 ^{ns}
Man	4	0.00637073 ^{ns}
Var x Man	4	0.03171185 ^{ns}
Resíduo b	16	0.03925376 ^{ns}
Lado	1	0.00931461 ^{ns}
Var x Lado	1	0.00838005 ^{ns}
Man x Lado	4	0.00522832 ^{ns}
Var x Man x Lado	4	0.00401474 ^{ns}
Resíduo c	20	0.00432454 ^{ns}
Dist	4	0.00501637 ^{ns}
Var x Dist	4	0.01181770 ^{ns}
Man x Dist	16	0.00375786 ^{ns}
Lado x Dist	4	0.00662414 ^{ns}
Var x Man x Dist	16	0.00503866 ^{ns}
Var x Lado x Dist	4	0.00262568 ^{ns}
Man x Lado x Dist	16	0.00412356 ^{ns}
Var x Man x Lado x Dist	16	0.00433266 ^{ns}
Resíduo d	160	0.00414594 ^{ns}
Prof	4	1.17572267 ^{ns}
Var x Prof	4	0.00250785 ^{ns}
Man x Prof	16	0.00792782**
Lado x Prof	4	0.00134899 ^{ns}
Dist x Prof	16	0.00288734 ^{ns}
Var x Man x Prof	16	0.00279057 ^{ns}
Var x Lado x Prof	4	0.00266785 ^{ns}
Var x Dist x Prof	16	0.00456557*
Man x Lado x Prof	16	0.00241771 ^{ns}
Man x Dist x Prof	64	0.00148600 ^{ns}
Lado x Dist x Prof	16	0.00128140 ^{ns}
Var x Man x Lado x Prof	16	0.00474248 ^{ns}
Var x Man x Dist x Prof	64	0.00303474 ^{ns}
Man x Lado x Dist x Prof	64	0.00222147 ^{ns}

Fonte de variação ²	GL	Quadrado médio DCR ¹ (cm cm ⁻³)
Var x Man x Lado x Dist x Prof	80	0.00211978 ^{ns}
Resíduo e	800	0.00269426 ^{ns}
Total Corrigido	1499	
CV (%)	32,17	

¹DCR – Distribuição do comprimento de raízes

²Var – Variedade; Man – Manejo; Dist – Distância da planta e Prof – Profundidade

Em todos os tipos de manejo de irrigação observou-se a maior densidade de comprimento de raiz (DCR) na camada mais superficial do solo, 0 – 0,15m, tendo a DCR decrescido na medida em que as camadas do solo foram sendo mais profundas (Tabela 6). Na camada mais superficial do solo foram observadas diferenças entre os tipos de manejo. A irrigação alternada a cada sete dias (50% da ETc) resultou na maior densidade de raízes das plantas. Esta frequência de irrigação favoreceu o aumento da DCR na camada mais superficial visto que a irrigação do solo após um curto período de tempo sem irrigação, 7 dias, favoreceu a manutenção da umidade do solo em ambos os lados da planta, condição adequada ao crescimento radicular. Na medida em que a frequência de irrigação foi aumentada para 14 e 21 foi observada uma redução da densidade de raízes nesta camada mais superficial do solo, o déficit hídrico por um período mais longo não foi favorável ao crescimento radicular na camada mais superficial do solo. Observou-se também que as plantas sob manejo com irrigação plena (100% da ETc) apresentaram uma DCR inferior às plantas sob manejo de irrigação a cada 7 dias (50% da ETc), provavelmente a maior disponibilidade de água na irrigação plena não exigiu uma maior densidade radicular para captação de água na camada superficial do solo. A irrigação alternada em plantas de milho com um volume equivalente a 2/3 da irrigação plena aumentou a taxa de crescimento, área de superfície e densidade de comprimento de raízes de forma significativa em relação à irrigação plena (LI et al., 2011), resultados similares foram encontrados por Kang et al., 1998; Liang et al., 2000a, b; Li e Liu, 2010. A irrigação do sistema radicular após um período de estresse promove um auto-ajuste fisiológico que resulta numa retomada rápida do metabolismo e crescimento de raiz que envolve a alteração nas espécies reativas de oxigênio, aminoácidos livres, açúcar solúvel e na atividade de enzimas do sistema antioxidante, sendo esta resposta considerada um efeito de compensação (LIANG et al., 2008). Trabalhos desenvolvidos com parreiras destacam que o manejo com déficit hídrico, via PRD, favorece a indução do crescimento de raízes secundárias devido às alterações bioquímicas na planta (STOLL et al., 2000). Intervalos longos de alternância, entretanto, podem provocar estresse acentuado resultando em perda de raízes

secundárias, reduzindo assim a regeneração das raízes quando hidratadas novamente (NORTH; NOBEL, 1991).

Tabela 6. Densidade de comprimento de raiz ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na interação entre manejo de irrigação e profundidade do solo em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com %0% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

Camadas (m)	Manejos de Irrigação				
	PRD7	PRD14	PRD21	IF	IP
0 – 0,15	0,0848 aA	0,0674 aBC	0,0563 aC	0,0755 aAB	0,0609 aC
0,15 – 0,3	0,0399 b ^{ns}	0,0480 b	0,0433 b	0,0461 b	0,0426 b
0,3 – 0,45	0,0242 c ^{ns}	0,0311 c	0,0231 c	0,0281 c	0,0256 c
0,45 – 0,6	0,0129 cd ^{ns}	0,0172 d	0,0177 c	0,0162 cd	0,0162 c
0,6 – 0,75	0,0075 d ^{ns}	0,0089 d	0,0094 c	0,0094 d	0,0123 c

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% pelo teste Tukey. ^{ns} – não significativo.

No que se refere à densidade de comprimento de raiz em função da distância e profundidade à partir do colo da planta observou-se que os maiores valores de densidade encontram-se na camada mais superficial do solo, 0 – 0,15 m, e nas menores distâncias do colo das plantas (Figura 6). A distribuição do sistema radicular no espaço evidencia diferenças entre as variedades. A densidade de comprimento de raízes da variedade Junco é mais homogênea em relação à distância do colo da planta do que na variedade Rubra. Esta diferença na arquitetura do sistema radicular entre as variedades, entretanto, não se refletiu na produtividade da planta nem na eficiência do uso da água.

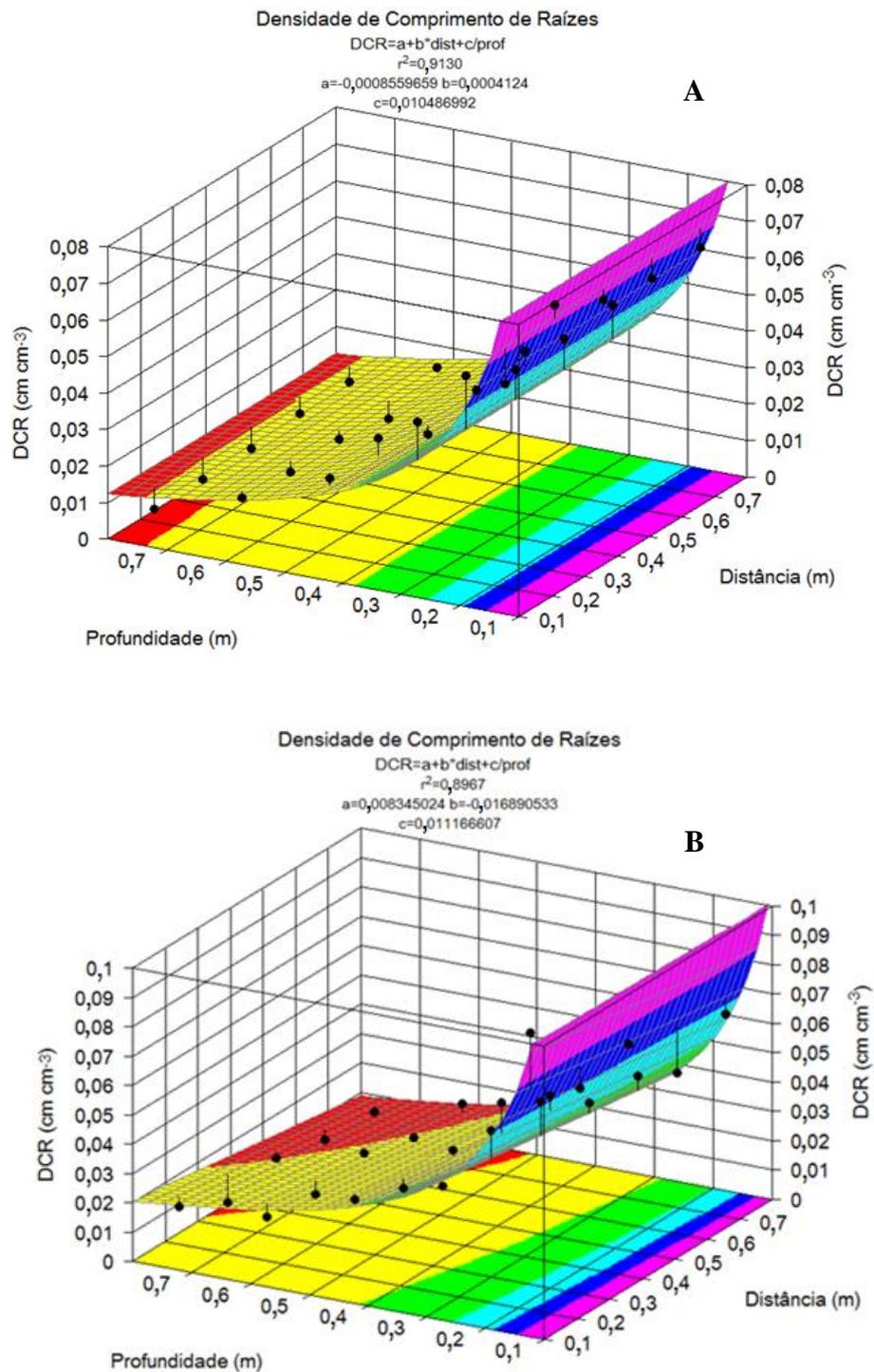


Figura 6. Densidade de comprimento de raiz ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) em função da distância e profundidade do colo da planta para as variedades Junco (A) e Rubra (B) em pomar de acerola após seis meses.

4 CONCLUSÕES

Efetivamente, a irrigação com déficit pode ser utilizada como alternativa para o manejo de água no pomar de acerolas nas condições avaliadas, sem impactos na produção de frutos quando se reduz em 50% o volume da água de irrigação com o molhamento de metade do sistema radicular a cada 7 ou 14 dias.

A técnica PRD pode ser utilizada como um sistema que garante economia da água em pomares de acerola em regiões onde os recursos hídricos são escassos.

As diferenças existentes na arquitetura do sistema radicular das variedades Junco e Rubra não interferiu na produtividade nem na eficiência do uso da água.

5 REFERÊNCIAS

- AFFI, N.; EL FADL, A.; EL OTMANI, M.; BENISMAIL, M. C.; IDRISSE, L. M.; SALGHI, R.; ABOUATALLAH, A.; BOUZERDA, A.; RAHHAOUI, Z. Does Partial Rootzone Drying Alternation Frequency Enhance Water Stress Resistance and Improve Water Saving? *J. Mater. Environ. Sci*, v.4, n.3, p.468-473, 2013.
- AHMADI, S. H.; PLAUBORG, F.; ANDERSEN, M. N.; SEPASKHAH, A. R.; JENSEN, C. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Root distribution. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1280–1290, 2011.
- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, A. B.; THUNG, M. Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação. Embrapa: Santo Antônio de Goiás, 2003. (circular técnica, 60).
- ALVES, R. E. Cultura da acerola. In: Donadio, L. C.; Martins, A. B. G.; Valente, J. P. (editores). *Fruticultura Tropical*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.15-37.
- ALVES JUNIOR.; ARAÚJO, F. J. M.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; VELLAME, L. M. Distribuição espacial do sistema radicular de plantas de pinhão manso. *Revista Agrotecnologia*, v.5, n.1, p.50-61, 2014.
- BOHM, W. *Methods of studying root systems*. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1979. 190 p.
- COELHO, E. F.; OR, D. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. *Plant and Soil*, v.206, p.123-136, 1999.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; ARAÚJO, E. C. E. Comparação de métodos de obtenção de imagens digitais de raízes. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, 1999, Pelotas. *Anais...RS*. SBEA/UFPEL-FEA, 1999. CD-ROM.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, Á. S. de; OLIVEIRA, J. R. P. Irrigação. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Eds.). *A cultura da aceroleira*. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p. 102-110
- COSTA, C.; DWYER, L. M.; HAMILTON, R. I.; HAMEL, C.; NANTAIS, L.; SMITH, D. L. A. Sampling Method for Measurement of Large Root Systems with Scanner-Based Image Analysis. *Agronomy Journal*, v.92, n.4, p.621-627. 2000.
- DANIEL, R. Produtividade e eficiência de uso de água na cultura da mangueira sob secamento parcial de raiz em condições semiáridas. Cruz das Almas, BA, 2012. 40 f. *Tese (Doutorado)* –Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the Regulation of growth and Development of plants in Drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*, v.42, p.55-76, 1991.

- DAVIES, W. J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, v.153, p.449-460, 2002.
- DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; LI, F.; HU, X. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. *Agricultural Water Management*, v.84, p.41–52, 2006.
- DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; LI, F. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. *Irrigation Science*, v.26, p.147–159, 2008.
- GAO, Y.; DUAN, A.; QIU, X.; LIU, Z.; SUN, J.; ZHANG, J.; WANG, H. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management*, v.98, p.199–212, 2010.
- HAGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1985. Chigaco. *Anais...*Chigaco, 1985.
- JONES, H. G. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; SEIFERT, J. R.; POPE, P. E. Comparison of minirhizotron and soil core methods for quantifying root biomass in a temperate alley cropping system. *Agroforestry Systems*, v.52, p.161–168, 2001.
- KANG, S.; LIANG, Z.; HU, W.; ZHANG, J. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agriculture Water Management*, v.38, p.69-76, 1998.
- KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, v.55, n.407, p.2437-2446, 2004.
- KASPAR, T. C.; EWING, R. P. Rootedge: software for measuring root length from desktop scanner images. *Agronomy journal*, v.89, n.6, p.923–940, 1997.
- KIRDA, C.; CETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; DERICI, M. R.; OZGUVEN, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, v.69, p.191–201, 2004.
- LEIB, B. G.; CASPARI, H. W.; REDULLA, C. A.; ANDREWS, P. K.; JABRO, J. J. Partial rootzone drying and deficit irrigation of ‘Fuji’ apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, v.24, p.85–99, 2006.

- LI, C. H.; LI, S. L.; WANG, Q.; HOU, S.; JING, J. Effect of different textural soils on root dynamic growth in corn. *Scientia Agricultura Sinica*, v.37, p.1334–1340, 2004.
- LI, F.; LIANG, J.; KANG, S.; ZHANG, J. Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. *Plant Soil*, v.295, p.279-291, 2007.
- LI, Q. M.; LIU, B. B. Comparison of three methods for determination of root hydraulic conductivity of maize (*Zea mays L.*) root system. *Agricultural Sciences in China*, v.9, p.1438–1447, 2010.
- LI, C.; SUN, J.; LI, F.; ZHOU, X.; LI, Z.; QIANG, X.; GUO, D. Response of root morphology and distribution in maize to alternate furrow irrigation. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1789-1798, 2011.
- LIANG, Z. S.; KANG, S. Z.; GAO, J. F.; ZHANG, J. H. Effect of abscisic acid (ABA) and alternative split root osmotic stress on root growth and transpiration efficiency in maize. *Acta Agronomica Sinica*, v.26, p.250–255, 2000a.
- LIANG, Z. S.; KANG, S. Z.; SHI, P. Z.; PAN, Y. H.; HE, L. J. Effect of alternate furrow irrigation on maize production, root density and water saving benefit. *Scientia Agricultura Sinica*, v.33, p.26–32, 2000b.
- LIANG, A. H.; MA, F. Y.; LIANG, Z. S.; MU, Z. X. Studies on the physiological mechanism of functional compensation effect in maize root system induced by re-watering after draught stress. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry* (Natural Science edition) v.36, p.58–64, 2008.
- LV, G.; KANG, Y.; LI, L.; WAN, S. Effect of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat. *Irrigation Science*, v.28, p.387-398, 2010.
- MERCALI, G. D.; JAESCHKE, D. P.; TESSARO, I. C.; LIGIA MARCZAK, L. D. F. Degradation kinetics of anthocyanins in acerola pulp: Comparison between ohmic and conventional heat treatment. *Food Chemistry*, v.136, p. 853-857, 2013.
- NORTH, G. B.; NOBEL, P. S. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of *Agave deserti* (Agavaceae). *American Journal of Botany*, v.78, p.906-915, 1991.
- OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. In: Simpósio de recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste do Brasil, 1998, Petrolina, *Anais...* Petrolina: Embrapa Semiárido, 1998.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.32, n.264, p.17-25, set/out. 2011.

SANTOS, S. M .L.; VASCONCELOS, A. M DE.; OLIVEIRA, V, S.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Evaluation of Physical and Physicochemical Characteristics of Malpighia Emarginata DC from the State of Ceará. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, v.2, n.4, p.152-163, 2012.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User Guide. v. 8.0. Vol. I. Cary NC: SAS Institute, Inc, 2000.

SHAN, L. Plant drought resistance and semi-dryland farming. *Agricultural Research in the Arid Areas*, v.25, p.1–5, 2007.

SILVA, B. DA; RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Avaliação da enxertia em duas variedades de aceroleira propagadas por sementes e estacas. In: Reunião anual de ciência, tecnologia, inovação e cultura no recôncavo da Bahia - Reconcitec, 3., Cruz das Almas. *Anais...* Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014.

SOUZA, M. A. de.; LIMA, M. D. B.; SIMON, G. A.; ANDRADE, J. W. de S. Efeito do estresse hídrico na densidade do comprimento radicular em estádios de desenvolvimento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, n.1, p.25-30, 2009.

STOLL, M.; LOVEYS, B.; DRY, P. Whole plant integration and agriculture exploitation. hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, v.51, n.350, p.1627-1634, 2000.

WILKINSON, S.; DAVIES, W. J. ABA-based chemical signalling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant, Cell and Environment*, v.25, p.195–210, 2002.

YANG, L.; QU, H.; ZHANG, Y.; LI, F. Effects of partial root-zone irrigation on physiology, fruit yield and quality and water use efficiency of tomato under different calcium levels. *Agricultural Water Management*, v.104, p.89-94, 2012.

CAPÍTULO 3: Distribuição e extração de água em plantas de acerola submetidas ao secamento parcial do sistema radicular

Resumo

A adesão de novas práticas de irrigação têm se tornando cada vez mais frequentes, a fim de aumentar a produção das culturas e reduzir o consumo de água. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento da distribuição da água no solo e a extração pelas plantas de acerola irrigada utilizando-se a técnica de secamento parcial do sistema radicular (PRD) assim como a produtividade e eficiência do uso de água. O experimento foi realizado na fazenda Ceral pertencente a empresa Bioenergia Orgânicos, no município de Lençóis, BA. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados com duas variedades (Junco e Rubra), cinco manejos de irrigação e três repetições. Os manejos foram baseados na percentagem de redução da lâmina calculada de irrigação fixada em 50%, e no tempo de alteração da irrigação de cada lado da planta (7 dias, 14 dias e 21 dias), sendo, PRD 7 – redução de 50% da ETc alternando a cada 7 dias, PRD 14 – redução de 50% da ETc alternando a cada 14 dias, PRD 21 – redução de 50% da ETc alternando a cada 21 dias, IF – irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP – irrigação plena, ou seja, 100% da ETc. As maiores produtividades foram registradas para os manejos de PRD com alternância de 7 e 14 dias juntamente com o manejo de irrigação plena. A eficiência do uso de água foi maior para o manejo de irrigação PRD com alternância de 7 dias. O comportamento da distribuição de água no perfil do solo seis horas após a irrigação no lado irrigado é semelhante para todos os manejos. No lado submetido à secamento no manejo PRD com alternância de 7 dias a quantidade de água disponível para as plantas não diminuiu tão drasticamente quanto nos demais manejos o que resultou na maior produtividade destas. As maiores extrações ocorrem nas áreas de maior quantidade de água disponível bem como onde efetivamente localiza-se o sistema radicular.

Palavras-chave: Irrigação por gotejamento; TDR; umidade do solo.

Distribution and water extraction in Barbado cherry plants submitted to partial root drying

Abstract

The inclusion of new irrigation practices has become more often in order to increase crop production and to reduce water use. The objective of this work was to evaluate the behavior of soil water and water extraction by irrigated Barbado cherry plants, yield water use efficiency by using the technique of partial root drying (PRD). The experiment was carried at Ceral farm from Organic Bioenergy Company at Lençóis county, Bahia State. The experiment followed a random block design with two varieties, (Junco e Rubra), five irrigation schedules and three replications. The irrigation schedules were based upon the percent of reduction of calculated water depth, that was fixed in 50% and on the time for switching irrigation side of the plant (7 days, 14 days, and 21 days), that were: (RD 7 – reduction of 50% ETc switching plant side every 7 days, PRD 14 – reduction of 50% ETc switching plant side every 14 days, PRD 21 – reduction of 50% ETc switching plant side every 21 days, IF – reduction of 50% ETc keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cycle and IP – full irrigation, i.e., 100% ETc). The largest yields were recorded for the schedules of PRD with switching 7 and 14 days along with the schedule of full irrigation. The efficiency of water use was largest for the management of PRD irrigation with 7 days switching. Soil water distribution is similar for all schedules six hours after irrigation. Soil water available to plants did not reduce so drastically at the non irrigated side for PRD with change in irrigation side every 7 days compared to others treatments. This resulted in larger yields for this treatment. The root system showed larger development at shallower soil layers. The regions of larger water extraction are influenced by amount of available water and by root length density.

Key words: Drip irrigation; TDR; soil moisture.

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das atividades primordiais para a agricultura da região do semiárido baiano, cuja área de cultivo da aceroleira tem mostrado um aumento significativo devido principalmente a prática da irrigação (RITZINGER; RITZINGER, 2011). Desse modo, torna-se essencial o estudo das relações entre a água, o solo, a planta e a atmosfera para a obtenção de produtividades economicamente rentáveis e de frutos que atendam às exigências dos mercados interno e externo (COELHO et al., 2008).

A disponibilidade de água se tornou o principal fator limitante da produtividade das culturas em várias regiões do mundo, principalmente para as áreas semiáridas. Cada vez mais, a disponibilidade de água será uma das limitações fundamentais para a expressão do potencial de rendimento dos sistemas agrícolas enquanto que, a produtividade se tornará menos previsível sob condições ambientais de baixa precipitação ou irrigação que atualmente é o principal meio para produção de alimentos para maioria dos agricultores nos países em desenvolvimento, o que aumenta ainda mais o desafio sobre a segurança alimentar global. (PASK; REYNOLDS, 2013). O futuro da agricultura irrigada, portanto, tem lugar na crescente escassez de água, e o uso de menor volume de água para alcançar altos rendimentos deve ser um dos principais objetivos de pesquisas agrícolas (RICHARDS et al., 2002; ARAUS, 2004; COELHO et al., 2010).

Existem muitas técnicas para quantificar o teor de água no solo, entre elas uma técnica que tem sido utilizada como uma tecnologia confiável é a reflectometria no domínio do tempo (TDR), essa técnica apresenta características desejáveis para medição da umidade volumétrica em solos e sua utilização facilita o manejo da irrigação (SANT'ANA et al., 2012). A reflectometria no domínio do tempo possibilita a coleta automática de dados em diversos pontos do solo, sendo possível avaliar a extração de água pelo sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2013).

O uso eficiente da água de irrigação está diretamente relacionado com o manejo aplicado a cultura e requer um monitoramento sistemático da umidade no solo ou de dados meteorológicos para que as quantidades adequadas de água à planta e o tempo de irrigação necessário para fornecê-la sejam determinados. (COELHO et al., 2010; CARVALHO, 2011).

Um bom conhecimento da absorção de água do solo é essencial para o manejo de irrigação sustentável e desenvolvimento de uma eficiente gestão da água na agricultura (LV et al., 2010). É também uma ferramenta importante para o estudo do crescimento e rendimento vegetal, bem como do balanço de água e de solutos no solo (ROCHA et al., 2010). É de

fundamental importância para o conhecimento da extração de água do solo, o estudo sobre o sistema radicular das fruteiras, que pode trazer contribuições consideráveis das práticas culturais de adubação e manejo da água em agricultura irrigada (COELHO et al., 2008).

Levando em consideração a relação entre a absorção de água e a produção da cultura, um aspecto de fundamental importância é como ocorre o balanço no fornecimento de água do solo para suprir a demanda evaporativa da atmosfera. O fornecimento de água do solo é determinado pela capacidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo, já a demanda é determinada pela combinação de fatores que interagem com o dossel vegetativo da cultura (COELHO et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2009; ROCHA et al., 2010).

Diversos estudos com diferentes culturas têm constatado que a causa mais importante na determinação do total de água extraído do solo é a profundidade da extração e a quantidade de água extraída as quais são relacionadas de forma direta com a produtividade das culturas em condições onde é limitado o fornecimento de água (AHAMADI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; SANT'ANA, 2011).

A técnica de irrigação a ser adotada é outro fator crucial, pesquisas nas últimas duas décadas têm mostrado que a utilização da técnica conhecida com secamento parcial do sistema radicular (Partial root-zone drying – PRD) pode ser usada para o enfrentamento das situações onde há restrição de água (FAO, 2002). O PRD é uma técnica de irrigação na qual há alternância dos lados que recebem molhamento e secamento do solo. Portanto, é uma forma modificada do déficit de irrigação, que preconiza a irrigação temporária de um dos lados do sistema radicular enquanto que o outro lado é exposto ao processo de secagem. O lado exposto ao secamento induz a planta a fechar parcialmente os estômatos, o que reduz substancialmente a perda de água com pouco comprometimento sobre a fotossíntese, enquanto que a outra metade recebe irrigação normal, acarretando desta forma a redução do consumo de água (JONES, 2014).

Nesse contexto, é de grande importância avaliar a eficiência do PRD na produção da acerola bem como o desenvolvimento, distribuição e extração de água pelo sistema radicular da aceroleira cultivada sob PRD, para o manejo adequado de água no solo, e para auxiliar na concepção de sistemas de irrigação.

Objetivou-se determinar o comportamento da distribuição de água no solo bem como da extração pelo sistema radicular de plantas de acerola submetidas ao secamento parcial do sistema radicular e quantificar a produtividade fornecendo respostas quanto a eficiência do uso de água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A técnica do PRD foi avaliada em um experimento com as variedades de acerola Junco e Rubra, na Fazenda Ceral pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, localizada na chapada Diamantina, Município de Lençóis, localizado no centro sul do Estado da Bahia, a 12°44' de latitude sul, 41°23' de longitude oeste e 421 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen seu clima é Aw o que indica a existência de um clima tropical com chuvas de verão. As características físicas do solo e de retenção de água estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Análise física e classificação textural do solo

Camada (m)	Classificação granulométrica (g kg ⁻¹)							Classificação Textural	
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte Argila		
0,00 – 0,20	6	43	166	214	59	488	110	402	Argila arenosa
0,20 – 0,40	6	43	159	205	58	471	99	430	Argila arenosa
0,40 – 0,60	4	39	157	211	61	472	77	451	Argila arenosa
0,60 – 0,80	4	36	147	198	62	447	93	460	Argila

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = Areia muito fina; AT = areia total.

Tabela 2. Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível para o solo da área experimental

Camada (m)	ρ_s (kg dm ⁻³)	Umidade Volumétrica (cm cm ⁻³)					Água disponível (%)
		Potencial Matricial (kPa)					
		-10	-33	-100	-300	-1500	
0,00 – 0,20	1,29	0,257	0,215	0,187	0,165	0,158	9,96
0,20 – 0,40	1,36	0,205	0,197	0,173	0,162	0,154	5,08
0,40 – 0,60	1,27	0,216	0,207	0,187	0,175	0,163	5,29

ρ_s – Densidade do solo.

O experimento foi executado em uma área de aceroleira com espaçamento de 4m x 2m, irrigada por gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹, em duas linhas laterais por fileira de plantas e seis emissores por planta, sendo três em cada linha lateral separados de 0,40 m.

O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, com duas variedades, cinco manejos de irrigação e três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por quatro plantas úteis, e entre as parcelas havia uma planta que serviu como bordadura. As variedades estudadas foram Junco e Rubra, enxertadas, com três anos de idade

Os manejos de irrigação foram baseados na percentagem de redução da lâmina calculada de irrigação que foi de 50%, aplicada em apenas um lado da planta, com diferentes períodos de alternância. Dessa forma têm-se: PRD 7 – redução de 50% da ETc alternado a cada 7 dias, PRD 14 – redução de 50% da ETc alternado a cada 14 dias, PRD 21 – redução de 50% da ETc alternado a cada 21 dias, IF – irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc e o controle IP – irrigação plena, ou seja, 100% da ETc.

2.1 Manejo da Irrigação

Para a realização da irrigação levou-se em conta a evapotranspiração baseada em dados climáticos, e calculada pelo método de Hargreaves e Samani, (1985). Para tanto, foi instalado na propriedade uma estação meteorológica automática (Figura 1) que disponibilizou os dados de umidade relativa, temperatura máxima e mínima e a precipitação ocorrida.



Figura 1. Estação meteorológica para obtenção dos parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração.

Na Figura 2 observa-se que a temperatura média situou-se entre 24 e 28°C, onde o mês de agosto apresentou os menores valores. As temperaturas mais elevadas ocorreram a partir do final de setembro até a primeira quinzena de dezembro. No final de novembro observou-se uma queda das temperaturas máximas até atingir os 24,5 °C, fato que se deve as chuvas ocorridas nesse período, o que ocorreu novamente a partir da segunda quinzena de dezembro.

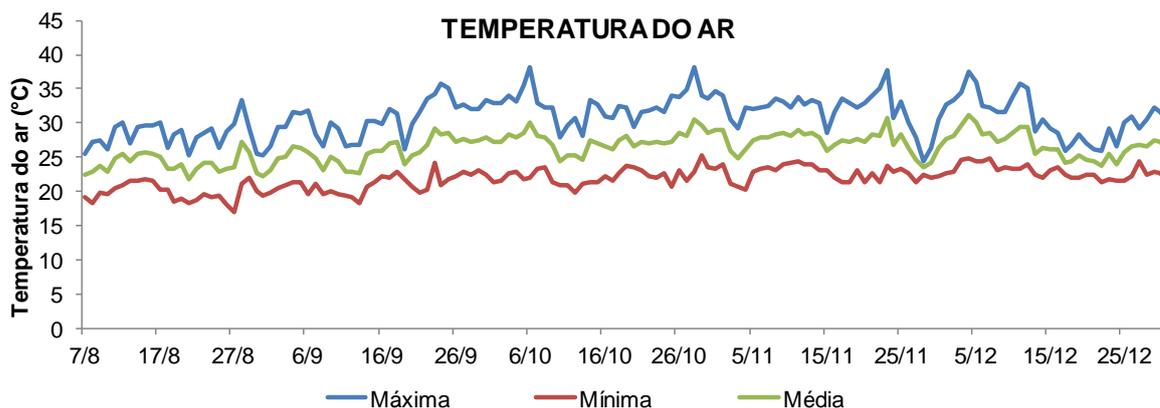


Figura 2. Variação da temperatura do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013.

A umidade relativa máxima atinge valores superiores a 70% em quase todos os dias. E a umidade relativa mínima, em torno de 30%, ocorreram nos meses de outubro e novembro. A umidade relativa média situa-se entre 60 e 75% no mês de agosto até final de setembro e na quinzena de dezembro quando começa o período chuvoso. De outubro até a primeira quinzena de dezembro a umidade relativa média situou-se entre 50 e 65% (Figura 3).

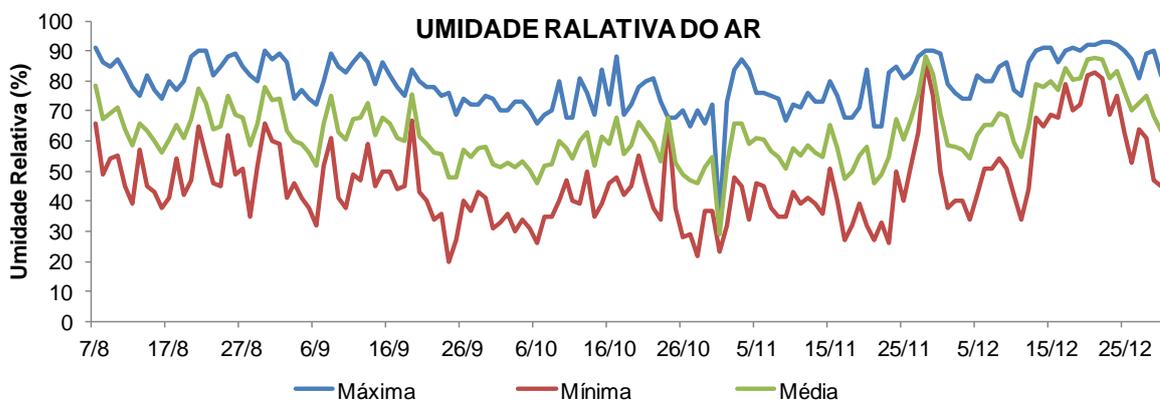


Figura 3. Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto à dezembro de 2013.

Os menores valores de evapotranspiração ocorreram nos meses de agosto até o final de setembro, coincidindo com os menores valores de temperatura do ar e maiores percentagens de umidade relativa. Os maiores valores ocorreram nos meses em que houve aumento da temperatura do ar e queda da umidade relativa, ou seja, no mês de outubro ao final de novembro (Figura 4).

As lâminas de irrigação aplicadas variaram de 9 à 18 mm, as quais foram dependentes da ocorrência de chuvas e do turno de rega que variou de dois a três dias. As irrigações

compreenderam praticamente todo o período de avaliação onde foram aplicados cerca de 490 e 245 mm de água para o manejo IP e para os demais manejos, respectivamente.

As precipitações ocorreram do final de novembro, 42,1 mm e na segunda quinzena de dezembro, 58 mm. Durante esses dois momentos ocorrem outras precipitações, no entanto, com menores volumes de chuva.

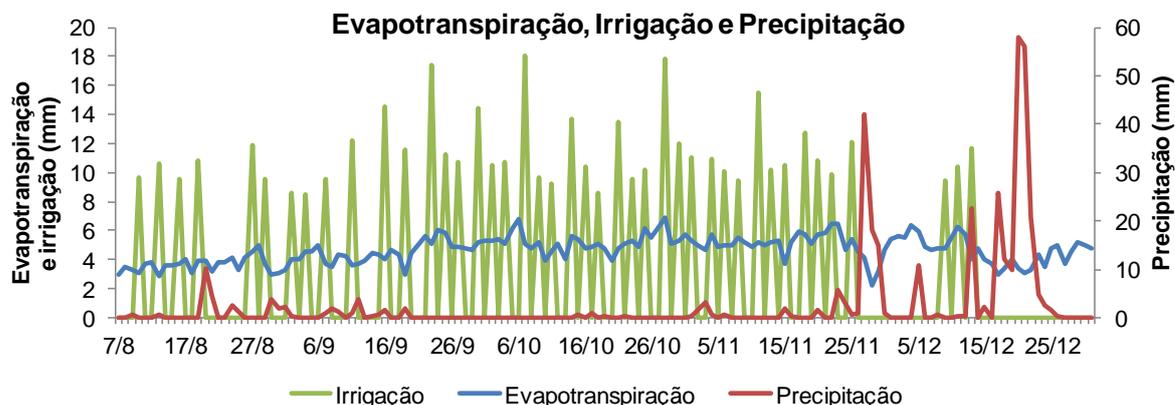


Figura 4. Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto à dezembro de 2013.

No cálculo da lâmina de água aplicada para a irrigação plena (equação 1) foi considerado um coeficiente da cultura (K_c) igual a 0,95 (COELHO et al., 2003), coeficiente de redução (K_r) de 0,8 e, eficiência de aplicação do sistema considerada de 0,85. Nos manejos de irrigação em PRD e irrigação fixa as plantas recebiam 50% da irrigação plena.

$$I = \frac{ET_o * K_c * K_r}{E_a} \quad (1)$$

Em que:

- I – Lâmina de irrigação, mm;
- ET_o – Evapotranspiração de referência, mm;
- K_c – Coeficiente da cultura;
- K_r – Coeficiente de redução;
- E_a – Eficiência de aplicação, %.

Para o cálculo do tempo de irrigação foi utilizado a equação 2, na qual considerou-se o volume de água aplicado, o número de gotejadores por planta e a vazão de cada gotejador. Uma vez que o volume de água aplicado nos manejos PRD e Irrigação Fixa era a metade de Irrigação Plena, e que nesses manejos haviam três gotejadores por planta efetivamente

irrigando, enquanto que em Irrigação Plena eram 6 gotejadores por planta, o tempo de irrigação foi o mesmo para todos os manejos.

$$T_i = \frac{V_a}{N_g * Q_g} \quad (2)$$

Em que:

T_i – Tempo de irrigação, horas;

N_g – número de gotejadores;

Q_g – Vazão de cada gotejador, $L h^{-1}$ e

V_a – Volume de água aplicado, L, que foi calculado através da equação 3.

$$V_a = (I - P) * AC \quad (3)$$

Onde:

I – Lâmina de irrigação, mm;

P – Precipitação, mm e

AC – Área de projeção da copa, m^2 .

2.2 Eficiência do uso de água

A eficiência de uso da água foi calculada para todos os manejos considerando a produtividade, evapotranspiração da cultura e a lâmina bruta aplicada para as condições, de acordo com a equação 4:

$$EUA = \frac{PROD}{I} \quad (4)$$

Onde:

EUA – Eficiência de uso da água, $kg ha^{-1} mm^{-1}$;

$PROD$ – Produtividade, $kg ha^{-1}$ e

I – Lâmina de irrigação, mm.

2.3 Sondas de TDR

Sondas de TDR (Reflectometria no domínio do tempo), com hastes de 0,10 m de comprimento construídas conforme Silva et al.(2005), no Laboratório de Irrigação e

Fertirrigação da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, foram instaladas horizontalmente nos perfis longitudinais a fileira de plantas a partir de uma planta escolhida para cada manejo, de forma a obter umidades às distâncias de 0,20; 0,40; 0,60 e 0,80 m da planta e às profundidades 0,20; 0,40; 0,60 e 0,80 m a partir da superfície do solo (Figura 5A).

A coleta dos dados de umidade foi realizada nos dois lados do perfil do solo, utilizando multiplexadores SDMX, em comunicação com um sistema de aquisição e armazenamento de dados, composto por uma TDR (Campell Scientific) e um Datalogger CR10X (Figura 5B). As leituras ocorreram com intervalos de 20 minutos mensurando o teor de água do solo entre os eventos de irrigação. Para a homogeneização das leituras foram selecionados para todos os manejos, eventos de irrigação com aproximadamente 6 mm, com turno de rega de 3 dias.

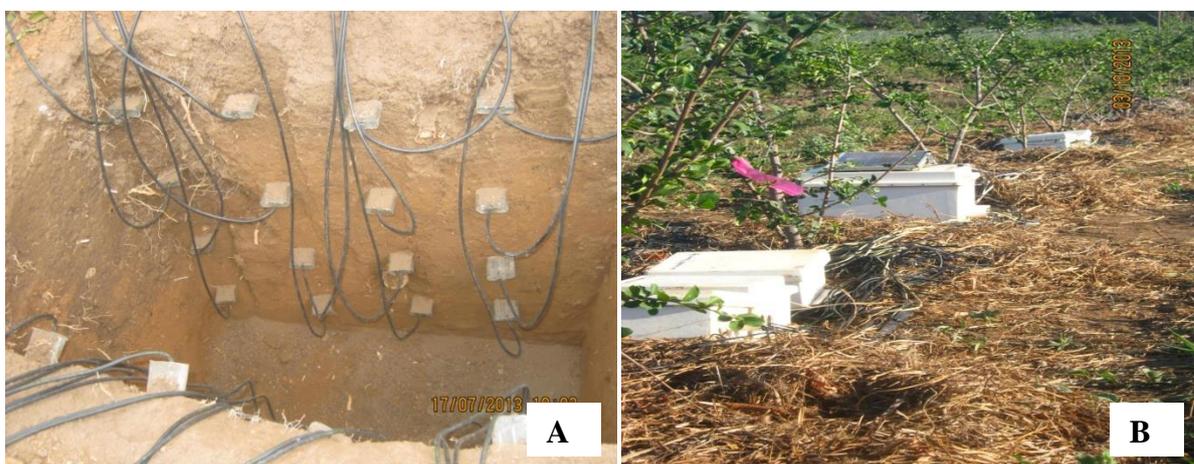


Figura 5. Abertura da trincheira longitudinalmente a fileira de plantas e instalação das sondas de TDR (A) e sondas ligadas aos multiplexadores e à TDR (B).

A correção dos valores de umidades lidos pelo TDR foi feita com a calibração das sondas. Para isso, foi retirado da área experimental amostras indeformadas de solo em tubos de PVC de diâmetro de 0,11 m e altura de 0,20 m. Em laboratório as amostras em sua parte inferior foram envolvidas em tela fina de nylon, a fim de evitar a perda de solo pelo tubo. Posteriormente, colocou-se as amostras para saturar durante 24 horas e em seguida as sondas foram inseridas no solo.

Realizado os processos anteriores, teve início o processo de leitura das umidades do solo pela TDR e concomitante, a pesagem do conjunto tubo-solo-sonda-tela, em balança analítica. Inicialmente as leituras eram tomadas em intervalos de 10 minutos, aumentando com o passar do tempo, até observar valores umidade constante. A partir desse ponto o conjunto foi levado à estufa à 105°, em intervalos de 30 minutos, até verificar a não

variabilidade dos valores lidos. Os valores de umidade volumétrica para cada pesagem do conjunto foi determinada pela equação 5.

$$\theta = \left(\frac{P1 - P2}{P2 - P3} \right) \times \rho_s \quad (5)$$

Onde:

θ – Umidade volumétrica do solo ($m^3 m^{-3}$);

P1 – Peso úmido do conjunto tubo-solo-sonda-tela (kg);

P2 – Peso seco do conjunto tubo-solo-sonda-tela (kg);

P3 – Peso do tubo, sonda e tela (kg) e

ρ_s – densidade do solo ($kg dm^{-3}$)

Através da equação de Ledieu et al.(1986) e dos dados de umidade obtidos pela TDR determinou-se a constante dielétrica (k_a) que, relacionada com os dados de umidade volumétrica, forneceu as equações de calibração (Figura 6) para as profundidades de 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,80 m.

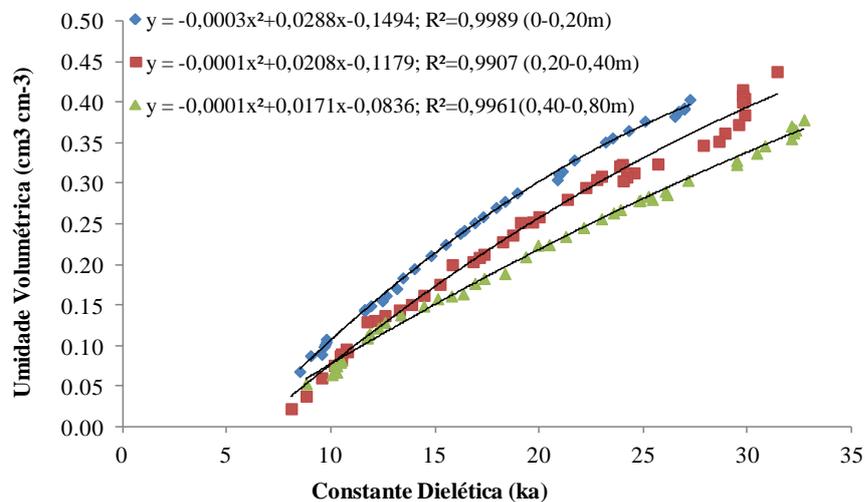


Figura 6. Curvas e equações de calibração para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,80m.

Os cálculos das lâminas de água infiltrada (LTI) após a irrigação e extraída do sistema (LTE) foram feitas a partir dos dados de umidade computados em tempos específicos; imediatamente antes da irrigação (t); seis horas após a irrigação (t+1) período no qual houve o

processo de distribuição de água no solo; instantes antes de ocorrer nova irrigação (t+2) (Figura 7).

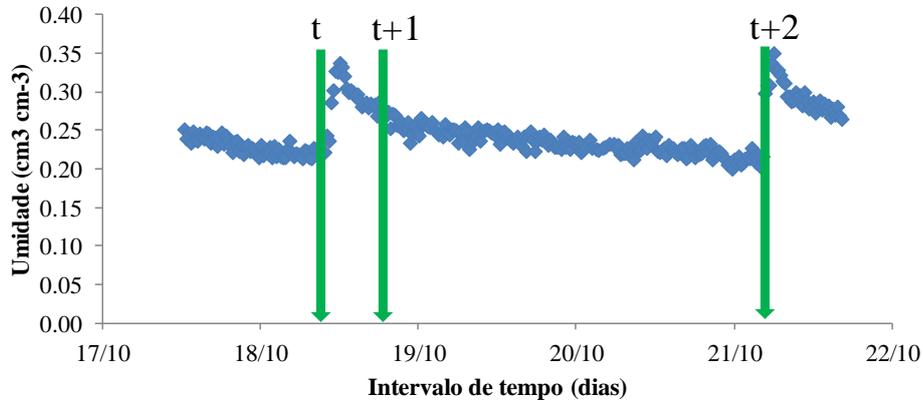


Figura 7. Identificação dos tempo (t), (t+1) e (t+2) utilizados para determinação da LTI e LTE na região do sistema radicular.

Assim, definido os tempos (t), (t+1) e (t+2) a diferença entre as umidades tomadas seis horas após a irrigação (θ_{t+1}) e antes de uma irrigação (θ_t), permitiu a determinação da lâmina de água infiltrada no tempo (t+1) – (t), em cada posição r_i da malha desde a superfície ($z = 0$) até a sonda mais profunda ($z = L$) (equação 6):

$$LTI = \int_{0,20.2}^{0,80.6} [\theta_{t+1}(r,z) - \theta_t(r,z)] dz dr \quad (6)$$

Em que:

LTI – Lâmina total de água infiltrada no plano (r,z) (mm)

$\theta_{t+1}(r,z)$ – umidade integrada após a irrigação no plano (r,z) (mm)

$\theta_t(r,z)$ – umidade integrada antes da irrigação no plano (r,z) (mm)

A diferença entre as umidades integradas no tempo seis horas após a irrigação (t+1) e antes da próxima irrigação (t+2) ao longo da malha (r,z), permitiu o cálculo da lâmina total extraída (equação 7).

$$LTE = \int_{0,20.2}^{0,80.6} [\theta_{t+1}(r,z) - \theta_{t+2}(r,z)] dz dr \quad (7)$$

Onde:

LTE – Lâmina total de água extraída no plano (r,z) (mm)

$\theta_{t+1}(r,z)$ – umidade integrada após a irrigação no plano (r,z) (mm)

$\theta_{t+2}(r,z)$ – umidade integrada antes da próxima irrigação no plano (r,z) (mm)

As perdas por percolação foram calculadas na camada inferior da profundidade efetiva do sistema radicular no plano (r,z) pela equação 8.

$$DP = \int_{t+1}^{t+2} q dt \quad (8)$$

em que:

$$q = \frac{\theta - \theta'}{t} * \frac{V}{A} \quad (9)$$

Sendo:

q – fluxo de água que passa pela sonda (mm);

V – volume da seção onde a sonda esta inserida no solo (0,2 x 0,2 x 0,1m);

A – área da seção onde a sonda esta inserida no solo (0,2 x 0,2m);

t – intervalo de tempo decorrido entre j e j+1 (1hora);

θ – umidade tomada em um instante j ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e

θ' – umidade no instante j+1, ou seja, após uma hora ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

2.4 Eficiência do uso de água

A eficiência de uso da água foi calculada para todos os manejos considerando a produtividade, evapotranspiração da cultura e a lâmina bruta aplicada para as condições, de acordo com a equação 10:

$$EUA = \frac{PROD}{I} \quad (10)$$

Onde:

EUA – Eficiência de uso da água, $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$;

PROD – Produtividade, kg ha^{-1} e

I – Lâmina de irrigação, mm.

2.5 Análise estatística

Para os dados de produtividade e eficiência do uso de água foi realizado o teste F da anava seguindo delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, na

qual foi considerada a variedade como parcela e o manejo a subparcela. As análises foram realizadas com o auxílio do programa SAS - Statistical Analysis System (SAS Institute., 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância para as variáveis produtividade e eficiência do uso de água (Tabela 3), houve diferença estatística ($P < 0,05$) pelo teste F para a variável manejo, enquanto que variedade e a interação entre variedade e manejo não apresentaram diferença estatística.

Tabela 3. Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Produtividade	Eficiência do uso de água
Bloco	2	95004,175 ^{ns}	1,1367 ^{ns}
Var	1	88211,603 ^{ns}	0,3608 ^{ns}
Resíduo a	2	403877,762	3,2343
Man	4	3141997,951 ^{**}	16,011 ^{**}
Var x Man	4	423731,553 ^{ns}	0,6598 ^{ns}
Resíduo b	16	60836,851	0,9928
Total Corrigido	29		
CV (%)		27,92	30,97

A aceroleira apresentou maior produtividade para os sistemas de secamento parcial do sistema radicular com aplicação de 50% da ETc com alternância de 7 e 14 dias, bem como, para a irrigação plena na qual foi aplicada 100% da ETc (Tabela 4). Outros trabalhos têm demonstrado que o PRD tem potencial para ser aplicado por apresentar, em muitos casos melhores resultados na produtividade, rendimento de frutos e eficiência do uso de água. A produtividade da tangerina Kinnow não apresentou diferença quando comparado a irrigação plena com PRD 50% e 75% da ETc, contudo, a maior produtividade em termos econômicos foi observado para PRD 50% (PANIGRAHI et al., 2013). Comparando a produtividade de oliveira, Ghrab et al.(2014) obtiveram uma melhora significativa de rendimento com PRD 50% alternando a cada 15 e 30 dias, em comparação às condições de sequeiro, apesar da baixa qualidade da água de irrigação, podendo ser uma estratégia para melhorar a produtividade e reduzir a quantidade de sal incorporado ao solo em comparação com a irrigação plena. A produtividade de manga sob déficit de irrigação (PRD 50% com alternância a cada duas semanas e regulação do déficit hídrico), apresentou pouca diminuição do rendimento em

comparação com a irrigação plena, enquanto que o tamanho médio dos frutos foi melhor em PRD 50% (SPREER et al., 2009).

Ao avaliar-se a eficiência do uso de água (Tabela 4), as plantas submetidas ao secamento parcial do sistema radicular com alternância de 7 e 14 dias apresentaram os maiores valores, sendo superiores a 100% quando comparado ao manejo de irrigação plena. A maioria dos trabalhos desenvolvidos com culturas irrigadas sob PRD demonstram o aumento da EUA (DU et al., 2006; SHAHNAZARI, 2007; SPREER et al., 2009). O sistema PRD, na medida em que mantém sempre um dos dois lados do sistema radicular seco, explora a resposta da planta ao secamento do solo. Esta resposta se caracteriza pela produção de sinais químicos na raiz que são transmitidos para os brotos e resultam no fechamento dos estômatos, resultando na redução da perda de água (JONES, 2014; KIRDA et al., 2004; DU et al, 2008).

O estômato parcialmente fechado aumenta a EUA visto que mais CO₂ poder ser absorvido por unidade de água transpirada, visto que o fechamento estomático inibe mais a transpiração do que diminui as concentrações intercelulares de CO₂ (TAIZ; ZEIGER 2009). O sinal químico emitido pelas raízes é, principalmente, o fitormônio ácido abscísico (ABA) que é transportado das raízes, onde tem sua produção incrementada pelo estresse hídrico no solo e se acumula nas folhas. O acúmulo do ABA nas folhas desencadeia o fechamento estomático. Vários trabalhos com PRD constataram que plantas cultivadas sob PRD apresentam redução da transpiração e aumento da concentração de ABA na folha (SAMPAIO et al., 2014; PLAUBORG et al, 2010; KANG; ZANG 2004). O desafio desta técnica é ajustar o período de alternância do PRD para cultura o que é, evidentemente, dependente da cultivar, idade da planta, tipo de solo, condições climáticas entre outros.

Tabela 4. Produtividade de frutos e eficiência do uso de água em PRD: irrigação parcial do sistema radicular com %0% da ETc alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

Manejo de irrigação	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Eficiência do uso de água (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
PRD 7dias	1362,8 a	5,5617 a
PRD 14dias	1042,3 ab	4,2567 ab
PRD 21dias	615,8 bc	2,5133 bc
IF	444,7 c	1,8150 c
IP	950,6 ab	1,9383 c

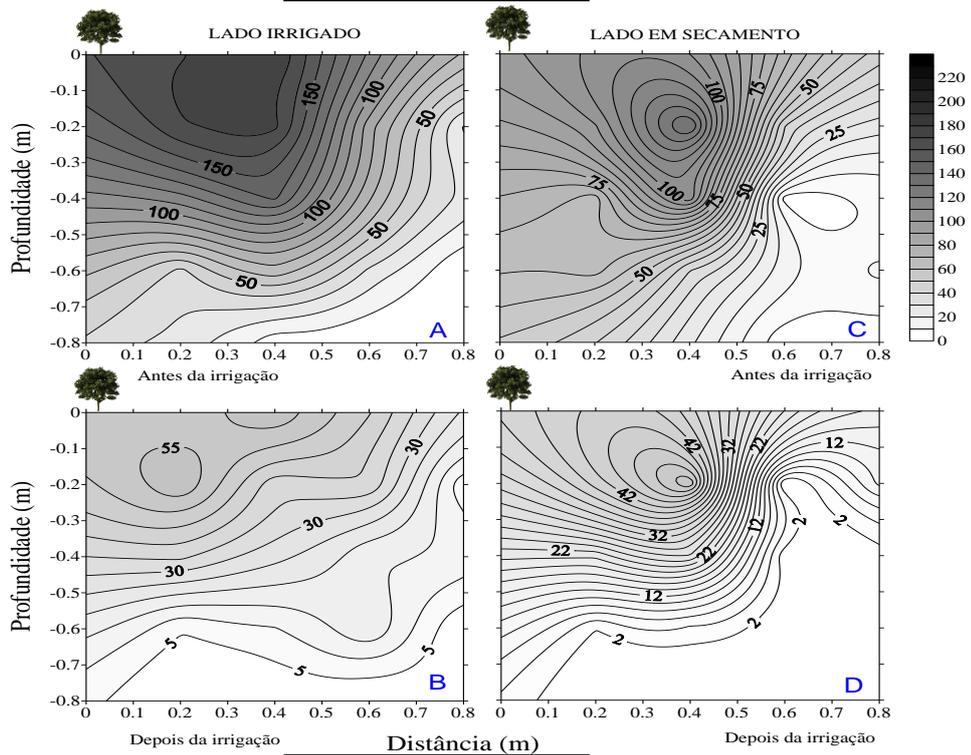
Considerando que as cultivares não apresentaram diferença significativa na produtividade, foi avaliado o comportamento da distribuição de água disponível apenas para a variedade Rubra.

A água disponível (%) no solo seis horas após a irrigação, momento em que ocorreu a infiltração (Figura 8A, 8E e 8I), apresentou boa distribuição com valores superiores aos 100%, ou seja, acima da capacidade de campo até praticamente os 0,45 m de profundidade e a uma distância da planta de até 0,65 m, para os manejos de PRD, os maiores valores foram encontrados próximos ou abaixo de onde se localizavam os gotejadores. Nas áreas mais distantes da planta bem como com maior profundidade é observado que não há água disponível às plantas. Três dias antes de ser realizada nova irrigação, a água disponível no perfil do solo no lado irrigado até a profundidade de 0,45 m encontrava-se em torno de 55 a 35% para PRD com alternância de 7 dias (Figura 8B), de 70 a 35% para PRD com alternância de 14 dias (Figura 8F) e 50 a 30% para PRD com alternância de 21 dias (Figura 8J). Isso significa que no mínimo a umidade na distância citada encontrava-se em cerca de 72% da umidade à capacidade de campo, demonstrando que o sistema radicular estava em uma condição favorável.

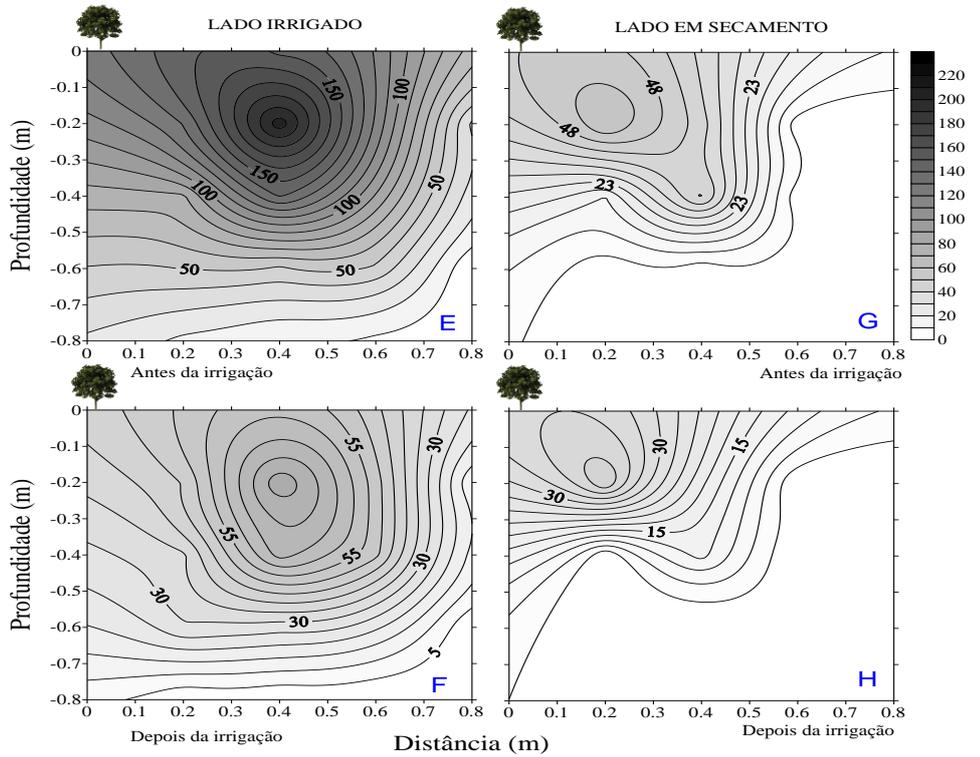
Ao analisar o lado em secamento, a água disponível varia de acordo com o manejo aplicado. Em PRD com alternância de 7 dias nota-se que, os valores de água disponível estão acima de 100% (Figura 8C) em algumas áreas do perfil do solo após dois dias de secagem do solo. Aos 5 dias de secamento (Figura 8D) faltando dois dias para a alternância, os valores de água disponível encontram-se acima de 30% até os 0,4 m de profundidade. Observa-se a semelhança da Figura 8B e 8D, ou seja a disponibilidade hídrica do solo do lado não irrigado é praticamente a mesma do lado irrigado antes da nova irrigação. Esse comportamento não é observado nos demais manejos (PRD 14 e 21 dias), pois a medida que o tempo de permanência em secamento aumenta, diminui a água disponível para as plantas, atingindo valores inferiores a 30% (Figuras 8H e 8L) em praticamente todo o perfil do solo.

Esses resultados explicam as respostas das plantas em termos de produtividade, uma vez que, em PRD com alternância de 7 dias a quantidade de água disponível para as plantas no lado em secamento não diminui tão drasticamente quanto nos demais manejos. A manutenção de umidade no solo para as plantas cultivadas sob PRD com 7 dias de alternância resulta na maior produtividade destas.

PRD 50% - 7 dias



PRD 50% - 14 dias



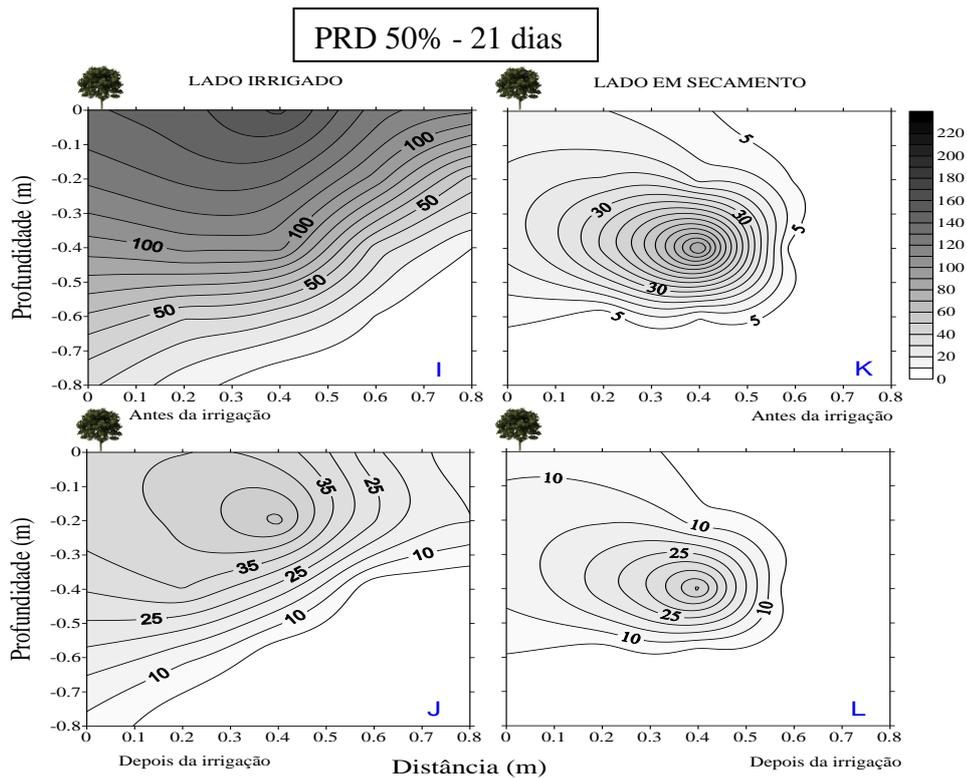
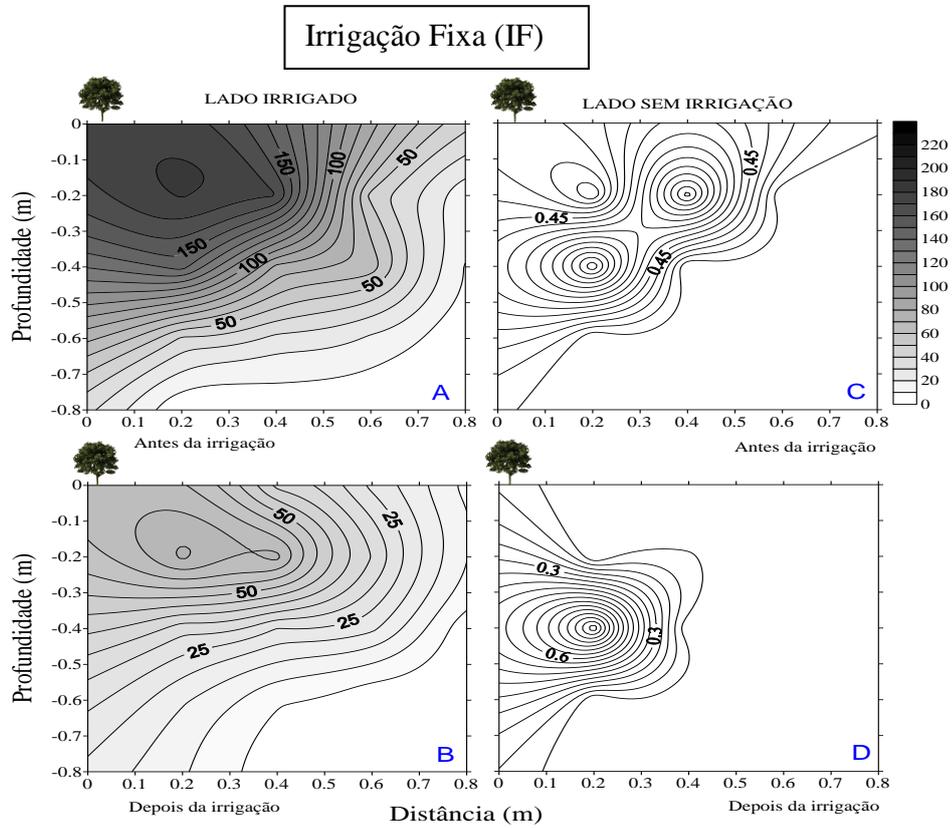


Figura 8. Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação e antes da próxima irrigação (A, B, E, F, I, J). Água disponível no solo sob secamento após dois dias de secamento (C, G e K) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D, H e L) para os manejos em PRD : irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ET_c alternando aos 7, 14 e 21 dias, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

Ao analisar a (Figura 9) percebe-se que seis horas após a irrigação, assim como para os manejos PRD, a irrigação fixa possibilitou acréscimos de água disponível acima de 100% até a profundidade de 0,40 m (Figura 9A). Ao verificar o comportamento antes da nova irrigação (Figura 9B) encontram-se valores entre 65 e 30% na parte mais superficial e aos 0,40m, respectivamente. Quanto analisado o lado sem irrigação, a quantidade de água disponível é praticamente insignificante (Figuras 9C e 9D), o que justifica o menor valor de produtividade, visto que nesse manejo há um déficit hídrico severo em um dos lados do sistema radicular e o desenvolvimento das raízes pode ficar comprometido pela escassez de água.

O manejo de irrigação plena apresentou os maiores valores de água disponível, visto que em ambos os lados do sistema radicular havia irrigação. Analisando a água disponível antes da nova irrigação (Figuras 9F e 9H), têm-se valores superiores aos 50%, o que representa aproximadamente 80% da capacidade de campo. Esses valores de água disponível podem ter condicionado a um menor crescimento de raízes uma vez que a quantidade de água

nas camadas mais superficiais era suficiente para manter o fornecimento de água às plantas, e acarretou em uma produtividade semelhante ao manejo PRD com alternância de 7 e 14 dias.



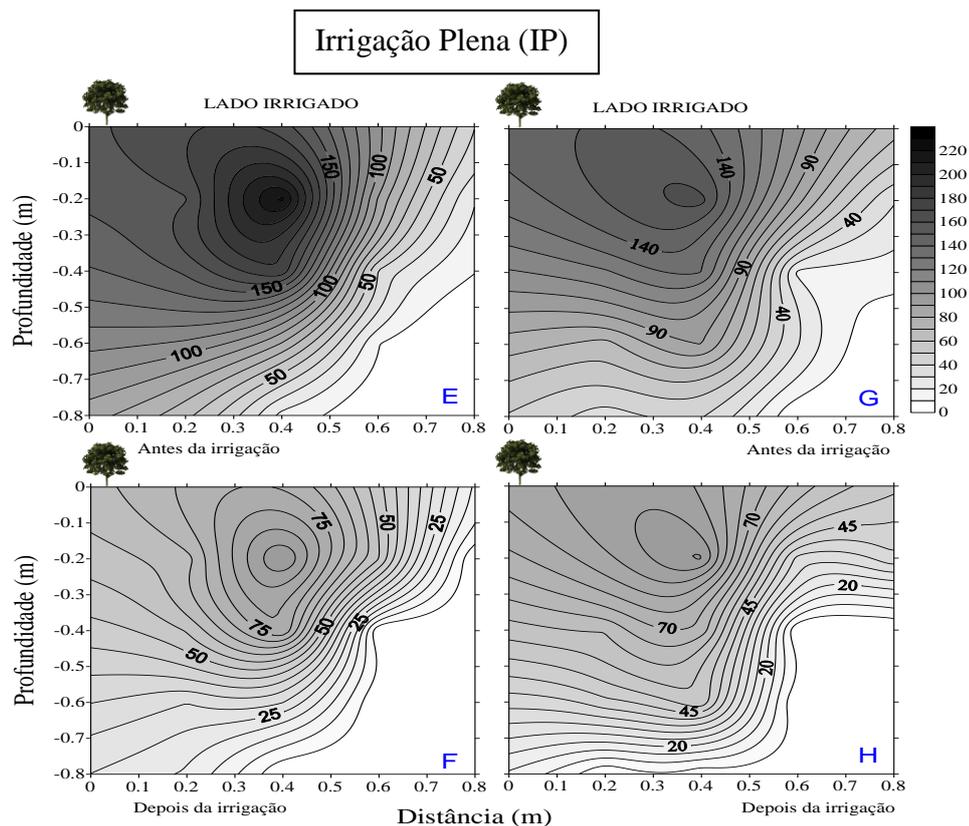


Figura 9. Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação e antes da próxima irrigação (A, B, E e D). Água disponível no solo sob secamento, após dois dias de secamento (C e G) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D e H) para os manejos em IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ET_c fixo; IP: irrigação plena, 100% da ET_c , em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

A Figura 10 ilustra a extração de água para os manejos de irrigação. As isolinhas sobrepostas a esses gráficos representam a densidade de comprimento de raízes em cada manejo. As regiões de maior extração ocorreram predominantemente na região do volume molhado bem como nas áreas de maior concentração do sistema radicular. Resultados semelhantes foram encontrados por Santana Júnior (2012), Carvalho (2014) e Silva (2009). Para todos os manejos houve coincidência entre a profundidade e distância efetiva de extração com a profundidade e distância efetiva do sistema radicular. Em PRD com alternância de 7 dias (Figura 10A), 80% da extração ocorreu à profundidade e distância de 0,34 e 0,45 m, respectivamente, enquanto que 80% do sistema radicular foi encontrado a profundidade de 0,37 m e distância da planta de 0,59 m. Para os demais manejos a profundidade de extração foi semelhante com exceção de PRD com alternância de 21 dias, na qual observou-se extração de 80% a maior profundidade de 0,42 m. É reconhecido que o déficit hídrico na irrigação muitas vezes estimula o crescimento das raízes (ROMERO et al., 2004) sobretudo nas camadas mais profundas do solo (BURKASRT et al., 2004). As maiores distâncias de

extração foram encontrada para Irrigação Plena (0,54 m), enquanto que em PRD com alternância de 21 dias e em Irrigação Fixa houveram as maiores extrações até os 0,43 m, enquanto PRD com alternância de 14 dias a distância efetiva de extração foi de 0,49 m.

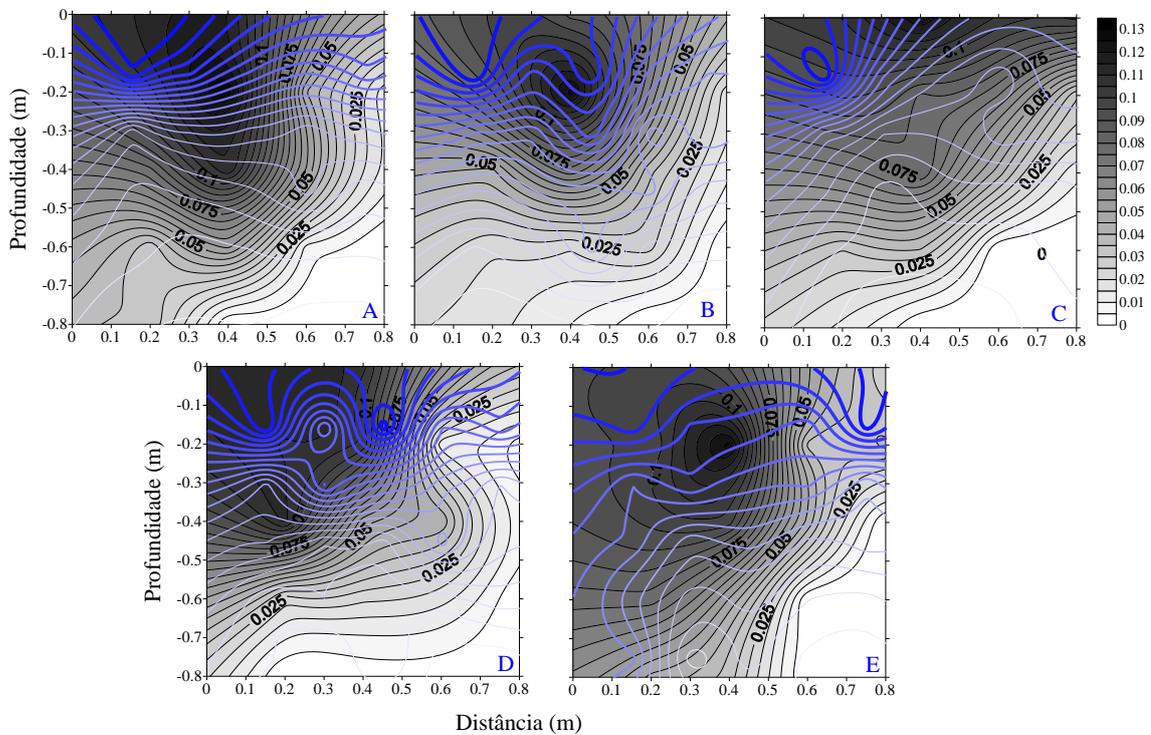


Figura 10. Extração de água ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e distribuição do sistema radicular em $\text{cm} \text{cm}^{-3}$ (isolinhas azuis) para os manejos de PRD: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc alternando aos 7 dias (A), 14 dias (B) e 21 dias (C); IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETc fixo (D); IP: irrigação plena, 100% da ETc (E), em pomar de acerola na Chapada Diamantina.

O balanço de entradas e saídas de água do perfil do solo (Figura 11), nota-se que houve perdas por percolação em todos os manejos. Como pode-se perceber pela figura todos os manejos tiveram lâminas de água infiltrada ao redor de 6 mm, visto que somente está se avaliando um lado do sistema radicular logo após a irrigação. O manejo de irrigação plena foi o que apresentou a maior quantidade de água extraída. Para os manejos de PRD, a quantidade de água extraída foi praticamente a mesma para o PRD com alternância de 7 e 14 dias.

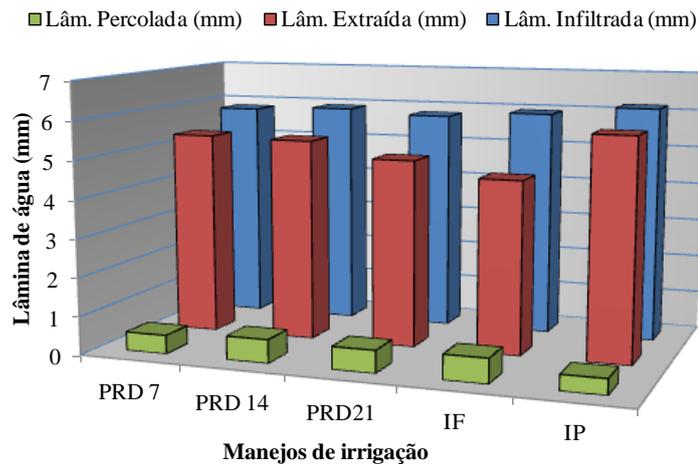


Figura 11. Lâminas de água infiltrada, extraída e percolada (mm) na irrigação da aceroleira para os manejos de PRD : irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETC alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação parcial do sistema radicular com 50% da ETC fixo; IP: irrigação plena, 100% da ETC, em pomar de acerola na Chapada Diamantina BA. com alternância de 7,14 e 21 dias, Irrigação Fixa e Irrigação Plenas.

4 CONCLUSÕES

O perfil do solo para o manejo de PRD com alternância de 7 dias, no lado em secamento mantém os maiores teores de água até o momento anterior à mudança do lado a receber a irrigação, o que garantiu a planta maior disponibilidade de água e possibilitou maior produtividade.

A irrigação com 50% do volume de irrigação no manejo de alternância de 7 dias atrelado a maior produtividade acarretou em melhor eficiência do uso de água e pode ser indicado para pomares de acerola que apresentam escassez dos recursos hídricos.

As regiões de maior extração de água no solo sofrem influência da quantidade de água disponível e da densidade de comprimento de raízes.

A distância e profundidade de extração aproximam-se das profundidade e distâncias efetivas do sistema radicular.

5 REFERÊNCIAS

- AHMADI, S. H.; PLAUBORG, F.; ANDERSEN, M. N.; SEPASKHAH, A. R.; JENSEN, C. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Root distribution. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1280–1290, 2011.
- BURKART, S.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H. J. Interactive effects of elevated atmospheric CO₂-concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *Eur. J. Agron*, v.21, p.401–417, 2004.
- ARAUS, J. L. The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture, *Ann. Appl. Biol*, v.144, n.3, p.259–272, 2004.
- CARVALHO, D. F. de. Aspectos práticos na utilização da técnica da TDR: Desafios e Aprendizagem. In: SOUZA, C. F. III Workshop de aplicações de técnicas eletromagnéticas para monitoramento Ambiental. Araras, 2011.
- CARVALHO, G. C.; COELHO, E. F.; PAMPONET, A. J. M. Determinação do posicionamento de sensores de água do solo em Mamoeiro irrigado por microaspersão e gotejamento, *Magistra*, Cruz das Almas – BA, v.26, n.3, p.286 -295, 2014
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, Á. S. de; OLIVEIRA, J. R. P. Irrigação. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Eds.). *A cultura da aceroleira*. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p. 102-110
- COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de Raízes e extração de Água do Solo em Fruteiras Tropicais sob Irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2008. 80 p
- COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; MIRANDA, J. H. de. Definição do posicionamento de sensores para monitoramento da água no solo em bananeira irrigada por diferentes sistemas de irrigação localizada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.608-618, 2010.
- DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; LI, F.; HU, X. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. *Agricultural Water Management*, v.84, p.41–52, 2006.
- DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; LI, F. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. *Irrigation Science*, v.26, p.147–159, 2008.
- GHRAB, M.; AYADI, M.; GARGOURI, K.; CHARTZOULAKIS, K.; GHARSALLAOUI, M.; BENTAHER, H.; PSARRAS, G.; MIMOUND, M. B.; MASMOUDID, M. M.; MECHLIA, N. B. Long-term effects of partial root-zone drying (PRD) on yield, oil composition and quality of olive tree (cv. Chemlali) irrigated with saline water in arid land. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.36, p.90-97, 2014

HAGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1985. Chigaco. *Anais...*Chigaco, 1985.

JONES, H. G. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, v.55, n.407, p.2437-2446, 2004.

KIRDA, C.; CETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; DERICI, M. R.; OZGUVEN, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, v.69, p.191–201, 2004.

LEDIEU, J. et al. A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometru. *Journal. Hydrol.*, n. 88, p. 319–328, 1986.

LV, G.; KANG, Y.; LI, L.,WAN, S. H. Effect of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat. *Irrigation Science*, v.28, p.387–398, 2010

OLIVEIRA, Z. B.; CARLESSO, R.; KNIES, A. E.; MARTINS, J. D.; FRANÇOIS, T.; PETRY, M. T. Extração de água do solo pelo feijoeiro cultivado com diferentes espaçamentos entrelinhas e quantidades de resíduos vegetais na superfície do solo. *Irriga*, Botucatu, v.16, n.4, p.403-412, 2011.

OLIVEIRA, R. C. de.; FERREIRA, E.; CARVALHO, J. de.; ARAÚJO, R. T. M. Avaliação da extração de água pelo sistema radicular de cultivares de bananeira do subgrupo Terra. 7ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2013.

PANIGRAHI, P. et al. Economic Analysis of drip-irrigated kinnow mandarin orchard under deficit irrigation and partial root zone drying. *Irrigation and Drainage*, n. 62, p. 67–73, 2013.

PASK, A. J. D.; REYNOLDS, M. P. R. Breeding for Yield Potential has Increased Deep Soil Water Extraction Capacity in Irrigated Wheat. *Crop Science*, v.53, p.2090-2104, 2013.

PLAUBORG, F.; ABRAHAMSEN, P.; GJETTERMANN, B.; MOLLERUP, M., IVERSEN, B. V.; LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; HANSEN, S. Modelling of root ABA synthesis, stomatal conductance, transpiration and potato production under water saving irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, v.98, p.425–439, 2010

RICHARDS, R. A.; REBETZKE, G. J.; CONDON, A. G.; VAN HERWAARDEN A. F. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield. *Crop Science*, v.42, p.111–121, 2002.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.32, n.264, p.17-25, set/out. 2011.

ROCHA, M. G. da.; FARIA, L. N.; CASAROLI, D.; LIER, Q de J. V. Avaliação de modelo de extração da água do solo por sistemas radiculares divididos entre camadas de solo com propriedades hidráulicas distintas. *R. Bras. Ciências do Solo*, v.34, p.1017-1028, 2010.

ROMERO, P., BOTIA, P., GARCIA, F. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant Soil*, v.260, p.169–181, 2004.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida ‘tahiti’ submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga*, Botucatu, v.19, n.2, p. 92-301, 2014

SANT’ANA, J. A. do V. Distribuição de raízes de bananeira ‘prata anã’ sob diferentes sistemas de irrigação em condições semiáridas. *Dissertação (mestrado)*. Universidade Federal de Lavras. 92p. 2011.

SANT’ANA, J. A. do V.; COELHO, E. F.; FARIA, M. A. de.; SILVA, E. L. da.; DONATO, S. L. R. Distribuição de raízes de bananeira ‘prata-anã’ no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação, *Rev. Bras. Fruticultura*, Jaboticabal, v. 34, n.1, p.124-133, 2012.

SANTANA JÚNIOR, E. B. *Aumento na eficiência de uso da água e produtividade da bananeira irrigada por diferentes configurações de irrigação localizada*, 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User Guide. v. 8.0. Vol. I. Cary NC: SAS Institute, Inc, 2000.

SILVA, A. J. P.; COELHO, E. F.; SANTOS, M. R. Avaliação de sondas de TDR para medida da condutividade elétrica aparente e da umidade. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 15, 2005, Teresina *Anais...*, PI. 2005

SILVA, A. J. P. *Variáveis de eficiência, manejo de irrigação e de produção da bananeira cultivar BRS Tropical sob diferentes sistemas de microaspersão e gotejamento*. *Dissertação (Mestrado)*- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz” - Piracicaba, 2009.

SHAHNAZARI, A.; LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; JACOBSEN, S.; JENSEN, C. R. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, v.100, p.117–124, 2007

SPREER, W.; ONGPRASERT, S.; HEGELE, M.; WÜNSCHE, J. N.; MÜLLER, J. Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L. cv. Chok Anan) under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, v.96, p.574–584, 2009

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos meses tem se presenciado inúmeras notícias a cerca da escassez hídrica em vários locais do País e em algumas regiões do mundo. Os dados de desperdício de água pela agricultura apontam algo em torno de 40% de acordo com a Fundação das Nações Unidas. Esse órgão sugere que sejam realizadas pesquisas que visem a otimização do recurso hídrico sem alteração na produtividade de alimentos. A técnica do secamento parcial do sistema radicular vem demonstrando em pesquisas ao longo dos anos, ser um método que permite para a melhora da eficiência do uso de água sem, contudo, comprometer a produtividade das culturas, contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

No presente trabalho verificou-se que o secamento parcial do sistema radicular com alternância de 7 e 14 dias utilizando 50% da água aplicada no manejo de irrigação plena, apresentaram, em termos absolutos, as maiores produtividades para a cultura da acerola, demonstrando a viabilidade da técnica com relação a diminuição do consumo de água.

O sistema radicular apresenta um papel fundamental na absorção de água, e nos manejos avaliados se concentrou com maior densidade nas camadas superficiais e próximo ao colo da planta. Quando avaliada a disponibilidade de água às plantas nota-se que os maiores valores encontram-se nas regiões próximas e abaixo dos gotejadores influenciando na extração de água e na maior densidade de comprimento de raízes.