



**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

C284s Carlo Carvalho, Gian

Secamento parcial do sistema radicular no cultivo da acerola em condições do bioma da Chapada Diamantina / Gian Carlo Carvalho. -- Recife, 2015.

81f. : il.

Orientadora : Lilia Gomes Willadino

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) . Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2015.

Referências.

1. Irrigação localizada 2. Eficiência do uso de água  
3. Déficit hídrico I. Willadino, Lilia Gomes, orientadora II. Título

CDD 631

**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 ó UFRPE

**Examinadores**

---

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO

---

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

---

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

---

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

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

Muito Obrigado!!!

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS que me abençoou e permitiu que eu concluísse mais um desafio.

À Facepe e a Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

A minha família que em todos os momentos apoiou-me e encorajou-me 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 mostrar-se solícito.

À empresa Bioenergia Orgânicos que cedeu a área para realizar a pesquisa.

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

Aos 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 mostraram-se dispostos em ajudar.

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

A todos os amigos da Pós-Graduação, em especial a Antônio Cardoso, Mara Suyane, Andréa Raquel, Rochele, Ângela 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 quatro anos.

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

A todos àqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram. Muito obrigado!

*õA teoria também se converte em graça material  
uma vez que se apossa dos homens.ö*

*Karl Marx*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
1 Acerola .....	15
1.1 Variedade Junco .....	18
1.2 Variedade Rubra .....	18
2 Secamento Parcial do Sistema Radicular ó Partial Rootzone Drying (PRD) .....	19
2.1 Distribuição do sistema radicular .....	21
3 Determinação da umidade do solo.....	23
REFERÊNCIAS .....	25
<b>CAPÍTULO 2: DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ACEROLEIRA SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR.....</b>	<b>33</b>
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
<b>CAPÍTULO 3: DISTRIBUIÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM PLANTAS DE ACEROLA SUBMETIDAS AO SECAMENTO PARCIAL DO SISTEMA RADICULAR.....</b>	<b>54</b>
1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57



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

## 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, em pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA. .... 37
- Tabela 2.** Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível, para pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA. .... 37
- Tabela 3.** Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água. Chapada Diamantina, BA. .... 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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; 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. Chapada Diamantina, BA. .... 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 50% da ETc, alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; 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, em pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA. .... 58
- Tabela 2.** Densidade do solo, umidade volumétrica e água disponível, para pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA. .... 58
- Tabela 3.** Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água. Chapada Diamantina, BA. .... 67
- 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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; 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 a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 38
- Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 39
- Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 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 a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 60
- Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 60
- Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 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), em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA. .... 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 tempos (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 (A e E) e antes da próxima irrigação (B e F). 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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; 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  $\text{cm cm}^{-3}$  (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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc (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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina BA..... 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) ó 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, destacando-se 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 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 sem perdas significativas na produção dos frutos. Para isso, avaliou-se 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 aplicada em um experimento em uma área de aceroleira, na fazenda Ceral, pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, localizada na chapada Diamantina, Município de Lençóis ó BA. As variedades utilizadas foram Junco e Rubra, com espaçamento 4 x 2 m, irrigadas por gotejadores autocompensantes com vazão de 4 L h<sup>-1</sup>. 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, 14 e 21 dias), sendo, PRD 7 ó redução de 50% da ETc, alternando a cada 7 dias, PRD 14 ó redução de 50% da ETc, alternando a cada 14 dias, PRD 21 ó redução de 50% da ETc, alternando a cada 21 dias, IF ó irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP ó irrigação plena, ou seja, 100% da ETc em ambos os lados da planta. 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, 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. Quanto às regiões de maior extração de água no solo, estas sofrem influência em relação à quantidade de água disponível e 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) ó Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

The effective 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 evaluated as well root system distribution, soil water distribution and water extraction by plants. The PRD technique was applied 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 4 x 2m spacing irrigated by autocompensating drippers of 4 L h<sup>-1</sup> 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, 14, and 21 days), where: (PRD 7 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 7 days, PRD 14 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 14 days, PRD 21 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 21 days, IF ó reduction of 50% ETc keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cycle e IP ó 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, ou seja, são responsáveis 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 país possuía em 2010 uma área irrigada de 5,4 milhões de hectares, no entanto tem potencial para 25 milhões (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 desenvolvimento das culturas, contudo somente 1 a 2% da água é absorvida para a dinâmica metabólica, enquanto que os 98% restantes a planta perde na 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 de alta qualidade nas regiões áridas e semiáridas, devido à falta de recursos hídricos disponíveis. Somente a irrigação viabiliza o desenvolvimento agrícola de determinadas

culturas, portanto muitos estudos têm sido realizados a fim de satisfazer a suplementação de água à planta de forma econômica, sem afetar a qualidade e a produtividade das culturas.

A eficiência do uso de água (EUA) nada mais é do que a razão entre a produtividade e o total da lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura. Uma das formas de 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 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 fundamental em muitos países, a fim de prevenir a excessiva extração de água subterrânea, aumentar a infiltração de água da chuva e reduzir a deterioração da qualidade da água devido à inundação e salinização. Alguns destes fenômenos negativos são alimentados pela intensificação da agricultura, o que afeta a disponibilidade de água através do aumento da contaminação das águas subterrâneas e superficiais causada pelo uso de fertilizantes, pesticidas e provenientes de resíduos animais (FAO, 2013).

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). 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. A técnica 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 à 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: o limão e a 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 subtropicais, 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, houve a expansão da área cultivada para fins comerciais. Impulsionado pela demanda do mercado interno e externo, iniciou-se no Nordeste as exportações de frutos in natura (COSTA; ANDRADE, 2003).

A área destinada ao cultivo da 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 detém 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 acerola, pelo seu potencial industrial, pode ser consumida sob a forma de compotas ou geleias, bem como utilizada no enriquecimento de sucos e de alimentos dietéticos. O fruto também é empregado na fabricação de suplementos alimentares: chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas, iogurtes e na composição dos alimentos nutracêuticos, em forma de comprimidos ou cápsulas (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002). Como se não bastasse, a acerola é consumida em forma de suco (integral, concentrado, liofilizado), licor, soft drink, bombons, goma de mascar, néctar, purê, sorvetes, cobertura de biscoitos, refrigerante, 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 ao sabor agradável e o seu reconhecido valor nutricional, fonte de vitamina C, pró-vitamina A, vitaminas do complexo B (tiamina B1, riboflavina B2 e niacina B3), ferro, cálcio, minerais e fósforo (EMBRAPA, 2013), tem atraído o interesse dos fruticultores, possibilitando o aumento sustentável da área plantada, colocando a fruta na pauta da exportação brasileira (FREIRE et al., 2007).

A planta é um arbusto cujo tronco se ramifica desde a base, quando adulto, atinge altura de 2,5 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. O comprimento das folhas varia entre 2,5 a 9,0 cm e a largura de 1,2 a 6,0 cm. A coloração é verde escura, brilhante na parte superior e verde-pálida e opaca na parte inferior. Dispostas em cachos, as flores possuem cores variáveis, dependendo do genótipo podem ser brancas, rósea-claras, rósea escuras ou violetas. A floração ocorre durante todo o ano e depois de três a quatro semanas 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. Possui polpa carnosa e suculenta (GOMES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003). A coloração externa, quando maduros, varia do alaranjado ao vermelho intenso, 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 do mês mais frio acima de 14°C. Desenvolve-se bem em climas tropicais e subtropicais, desde que as temperaturas permaneçam entre 15 e 32°C (PAULL; DUARTE, 2010; TEIXEIRA; AZEVEDO, 1995).

A vegetação, o florescimento e a frutificação ocorrem nas estações mais quentes, ou seja, 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. As chuvas, quando bem distribuídas, contribuem para uma melhor 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, faz-se necessário o suplemento hídrico

através de irrigação, caso contrário a planta pode apresentar vários sintomas: enrolamento das folhas, retardo no crescimento, menor floração, diminuição no tamanho dos frutos e como consequência, menor produção. Chuvas em excesso podem ocasionar 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, é possível conseguir até 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 de recursos financeiros do produtor. Os métodos que se adéquam são: aspersão convencional, microaspersão, gotejamento, gotejamento subsuperficial, mangueiras perfuradas a laser e por sulcos. O uso de sistemas de irrigação localizada pode causar um aumento na eficiência da aplicação, pois o aproveitamento dos fertilizantes, por meio da irrigação (fertirrigação), diminui as perdas por lixiviação, aumenta a absorção pelo sistema radicular e reduz custos com mão de obra (ALVES et al., 2009).

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

O plantio pode ser efetuado nos mais diversos tipos de solo, no entanto, solos arenosos, com declive maior que 15%, ou solos argilosos, com declive maior que 18%, devem ser evitados. 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, 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 à radiação solar, chuvas e ventos, contribuindo na manutenção da umidade, no controle de plantas invasoras, na temperatura do solo e do impacto direto das gotas das chuvas (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 devem ser retirados, 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 mais de 40 kg de frutos por ano. Considerando o teor de vitamina C (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. Os pesquisadores encontraram três regiões claramente aptas ao seu cultivo, em 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 e 1430,08 a 970,06 mg.100 mL<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, teor de sólidos solúveis é de 7,0 e 6,12 °Brix, e o pH varia entre 2,93 a 2,96, para os estádios de maturação verde e maduro respectivamente. Além disso, os frutos apresentam 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 adultas. As flores possuem coloração rosa e os frutos 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 1.000 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa, o que possibilita o aproveitamento pela indústria.

Nas áreas em condições de tabuleiros costeiros, com o fornecimento de nutrientes e água de forma adequada, a planta pode produzir cerca de 40kg/ano (EMBRAPA, 2004).

## **2 Secamento Parcial do Sistema Radicular ó 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 a redução do consumo de água sem afetar a produção e qualidade dos frutos, o que representa o aumento da 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), dependendo 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 refere-se ao fato de que a parte do sistema radicular, no solo em processo de secagem, emite uma sinalização que atinge a parte aérea, induzindo o fechamento dos estômatos e a redução da 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 CO<sub>2</sub>, perdem água na realização das 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, em curto prazo, e maximizar sua chance de sobrevivência, no período de seca. 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 mesmo de esgotar a água disponível no solo (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 com déficit hídrico (50 e 75% DI), dois em PRD (50 e 75%) e com irrigação plena (100% da ETc) por gotejamento. A conclusão foi que a irrigação com aplicação de PRD, com 50% da ETc, teve a melhor relação custo benefício. Os autores indicam-no devido ao alto potencial para o cultivo de tangerinas Kinnow em pomares no norte da Índia.

Em experimento com a cultura da batata, em duas regiões da China, Xie et al.(2012) avaliaram cinco 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 ou ausência de cobertura plástica. Os autores observaram que o manejo PRD 50% resultou em uma produção semelhante à irrigação convencional, tanto em 50 como em 100% nas duas regiões de estudos. 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, a produção ficou abaixo dos demais. 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 com o uso da irrigação (HUTTON, 2004). Como baseia-se na separação e exposição das raízes à secagem e ao umedecimento, necessita 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 irrigação por sulco. O secamento pode ser usado em apenas algumas fases de crescimento ou durante todo o ciclo da cultura.

Além do PRD, outros métodos de déficit de irrigação têm sido relatados na busca da melhoria da EUA, entre eles está o método de Regulação do Déficit Hídrico (RDI)(FAO, 2002; KANG et al., 2002; SAVI et al., 2008). O método baseia-se na redução da quantidade de água aplicada durante todo o desenvolvimento ou em determinados estágios da cultura, o que o torna um aliado do 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). Permite a tomada de decisão para o uso dos sistemas de irrigação localizada, no manejo da agricultura irrigada, e na definição da área do solo onde deverá ser feita a adubação, a fim de que a aplicação do fertilizante seja realizada de forma eficiente (COELHO et al., 2005; SANTOS et al., 2005). É possível 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, a fim de contribuir com uma agricultura mais sustentável. As raízes são as principais responsáveis pela absorção de água e 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 utilizada 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 ajuda a compreender a dinâmica de crescimento das plantas, o desenvolvimento de modelos de captação de água e a estimativa de produtividade.

Segundo 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 e características do perfil do solo como: conteúdo de água no solo (SANTOS et al., 2014), 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, frequência e profundidade do preparo do solo, utilização de cobertura morta e sistema de irrigação utilizado (RICHARDS, 1983).

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

A determinação do comprimento dos segmentos de raízes tem sido feita por imagens digitais trazidas do campo, em câmera de vídeo (BOX, 1996) ou a partir de raízes coletadas do solo, que são passadas em *õscannerö* de computadores (COELHO et al., 1999) e utilizam programas específicos para esse 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 à 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 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 raízes mostraram que plantas submetidas à técnica de secamento parcial do sistema radicular, frequentemente, apresentam desenvolvimento normal, 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 controlada através de sinais



químicos, sobretudo o fitormônio ácido abscísico, das raízes para as folhas, 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 constante dielétrica correlacionada com o teor de água presente no solo. A constante dielétrica aparente do solo ( $K_a$ ) é estabelecida por meio da velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas, de alta frequência, que se propagam ao longo de uma guia metálica, introduzida no solo, e calculada segundo a equação 1.

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

Em que:

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

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

L ó comprimento da guia metálica, m.

Como a água possui condutividade elétrica maior que a dos demais componentes do solo, à 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), que propuseram uma equação empírica (equação 2) entre umidade do solo ( $\theta$ ) e constante dielétrica aparente. Ela é utilizada para vários tipos e texturas de solo. Por esse motivo a equação tornou-se a universal para determinar a umidade do solo.

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

Contudo, Jones et al.(2002) afirmam que essa equação apresenta falhas para leituras da constante dielétrica nos 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, é 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 do 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). As desvantagens são: a dependência do teor de materiais magnéticos, o tipo de solo, a influência dos óxidos de Fe e da massa específica do solo (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 acoplado a 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.14866-1494, 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.128061290, 2011.
- ALVES, R. E.; BEZERRA, M. A.; MIRANDA, F. R. de.; SILVA, H. Acerola. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Eds.). *Aduando para alta produtividade: fruteiras tropicais do Brasil*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 13630.
- 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.76-14.
- 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.50661, 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.1076123.
- 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.; MANDERSCHEID, R.; WEIGEL, H. J. Interactive effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, v.21, p.4016417, 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.1246126, 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.20623, 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.200762016, 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.2506256, 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.1756178, 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.1613, 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. 1156127, 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.55676, 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 ó Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Deficit irrigation practices*. Rome: FAO, 2002. 102 p. (Water Reports 22).

FAO ó Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Yearbook ó 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 õricaõ produzida a partir de estaquia herbácea. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.183ó 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.79ó91, 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.4ó6, 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.157ó165, 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.1416153, 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.2036216, 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.243762446, 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.1916201, 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.3196328, 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.115661164, 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.178961798, 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 ãCravoö enxertado com lima ácida õTahitiö. *Laranja*, v.21, n.2, p.3596380, 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 electronics 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.3666378, 2012.

PÉREZ-PASTOR, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; DOMINGO, R.; TORRECILLAS, A. Growth and phenological stages of òBúlidaö apricot trees in south-east Spain. *Agronomie*, v.24, p.936100, 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.17625, 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.5656579, 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.1696181, 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.71680, 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.6636671, 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.3276333, 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.2996307, 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.

SAVI, S.; STIKI, R.; RADOVI, B. V.; BOGI EVI, B.; JOVANOVI, Z.; TUKALOVI, 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.15620. 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.8816894, 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.1476176.

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<sup>o</sup>. 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.140361410, 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.1616168, 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-fertilizer recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, v.26, p.64670, 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.5746582, 1980.

TORRECILLAS, A.; DOMINGO, R.; GALEGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C. Apricot tree response to withholding irrigation at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*, v.85, p.2016215, 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.8496858, 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.20625, 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.92694, 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 ó 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 ó redução de 50% da ETc alternando a cada 7 dias, PRD 14 ó redução de 50% da ETc alternando a cada 14 dias, PRD 21 ó redução de 50% da ETc alternando a cada 21 dias, IF ó irrigação fixa em um lado da planta com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP ó irrigação plena, ou seja, 100% da ETc, em ambos os lados da planta. Cada manejo possuía três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. As maiores produtividades foram registradas para os manejos de PRD, com alternância de 7 e 14 dias e com irrigação plena. 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 das plantas, 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 PRD 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 Barbados Cherry under conditions of Chapada Diamantina-Bahia Sate biome. The PRD technique was evaluated in an experiment with the varieties of Barbados 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 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 7 days; PRD 14 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 14 days; PRD 21 ó reduction of 50% ETc switching plant side every 21 days; IF ó reduction of 50% ETc keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cycle e IP ó 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 Barbados 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). O Brasil é um dos poucos países que cultivam comercialmente esta fruta. Por se tratar de uma planta muito rústica e resistente, espalhou-se 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 várias safras ao longo do ano e a maior parte da produção brasileira é adquirida pelas indústrias de processamento. Como essa cultura necessita de água para produção dos frutos, 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 práticas de irrigação vem se tornando cada vez mais frequente, 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, o qual visa a otimização da produtividade agrícola. A distribuição das raízes no solo é decorrente de uma série de processos complexos e dinâmicos, os quais incluem as interações entre o solo e 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, e seu conhecimento é essencial para o manejo de irrigação sustentável e o 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 qual estrutura morfológica é utilizada para se adaptar ao solo, com diferentes teores de água, não são claras (SHAN, 2007). Portanto, os estudos da morfologia radicular e sua distribuição, sob estresse hídrico, pode contribuir para o entendimento das 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). Ela baseia-se na aplicação de parte da água requerida pela cultura de forma alternada. Enquanto parte das raízes é irrigada, outra parte é exposta ao secamento do solo (SANTOS, 2012). A frequência regular do tempo de irrigação em cada um dos lados é definida em função da cultura e da fase fenológica (KANG; ZHANG, 2004). A técnica permite uma economia significativa e um aumento da eficiência do uso da água (EUA), sem que isso provoque 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, sobretudo o ácido abscísico (ABA), para a parte aérea, que resulta no fechamento dos estômatos e conseqüentemente na redução da perda de água (DAVIES; ZHANG, 1991), (2) uma pequena redução da abertura estomática pode reduzir significativamente a perda de água e não representar um 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, 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, em pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA.

Camada (m)	Classificação granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )								Classificação Textural
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte	Argila	
0,00 ó 0,20	6	43	166	214	59	488	110	402	Argila arenosa
0,20 ó 0,40	6	43	159	205	58	471	99	430	Argila arenosa
0,40 ó 0,60	4	39	157	211	61	472	77	451	Argila arenosa
0,60 ó 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 pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA.

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

$\rho_s$  ó Densidade do solo.

O experimento foi executado em uma área de aceroleira, com espaçamento de 4m x 2m. A irrigação foi realizada por seis gotejadores autocompensantes por planta, com vazão de 4 L h<sup>-1</sup>, em duas linhas laterais por fileira de plantas, sendo três emissores em cada linha lateral, separados de 0,40 m.

O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, fazendo uso de duas variedades, cinco manejos de irrigação e três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por quatro plantas úteis, e entre elas 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 de irrigação calculada que foi de 50%, aplicada em apenas um lado da planta, com diferentes períodos de alternância. Dessa forma, têm-se: PRD 7 ó redução de 50% da ETc, alternado a cada 7 dias, PRD 14 ó redução de 50% da ETc, alternado a cada 14 dias, PRD 21 ó redução de 50% da ETc, alternado a cada 21 dias, IF ó irrigação fixa em um lado da planta, com redução de 50% da ETc e o controle IP ó irrigação plena, ou seja, 100% da ETc.

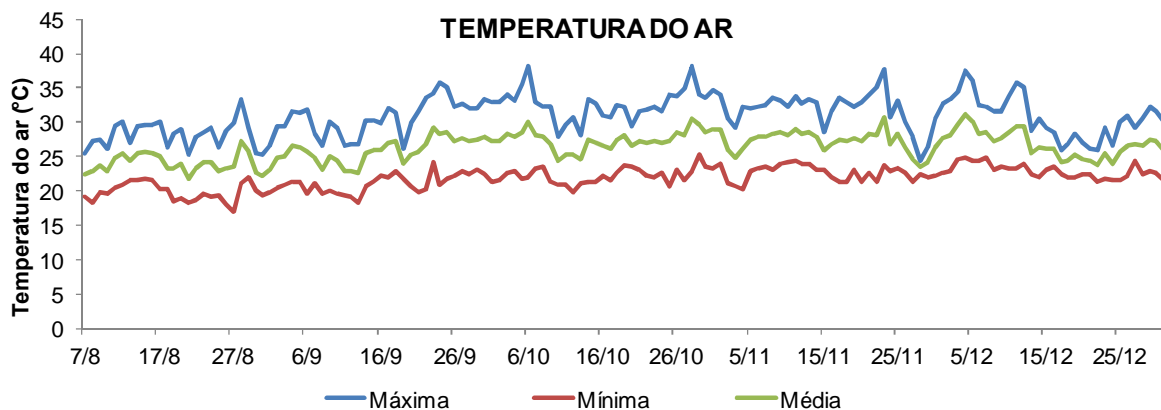
## 2.1 Manejo da Irrigação

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 instalada 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.

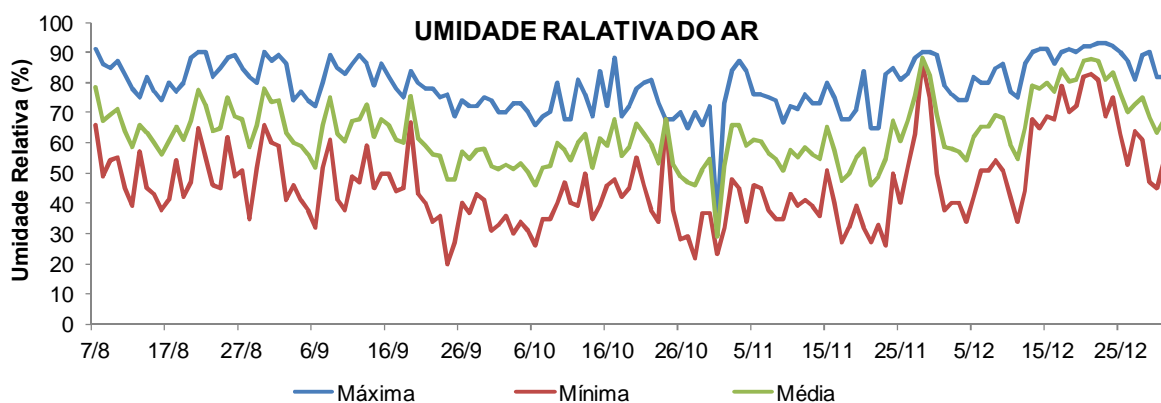
Na Figura 2 observa-se que a temperatura média situou-se entre 24 e 28°C. O mês de agosto apresentou os menores valores. As temperaturas mais elevadas ocorreram a partir do final de setembro até a primeira quinzena de dezembro. No final de novembro observou-se uma queda das temperaturas máximas, atingindo os 24,5 °C, fato que se deve às 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 a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.



A umidade relativa máxima atinge valores superiores a 70% em quase todos os dias, e a umidade relativa mínima, em torno de 30%, ocorre nos meses de outubro e novembro. A umidade relativa média situa-se entre 60 e 75%, de agosto até final de setembro, o mesmo ocorre na primeira quinzena de dezembro, quando começa o período chuvoso. De outubro até a o início de dezembro, a umidade relativa média situou-se entre 50 e 65% (Figura 3).

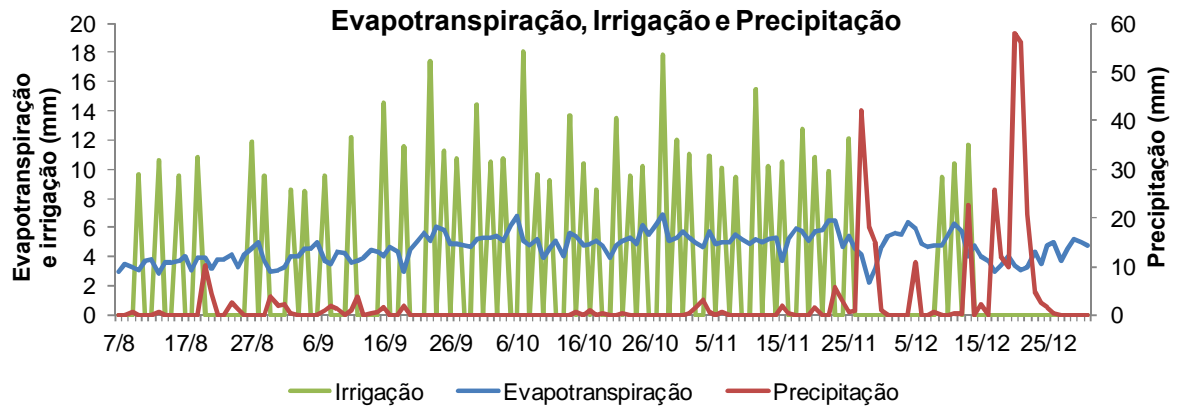


**Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

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 as 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 a 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. Foram aplicados cerca de 490 mm para o manejo de irrigação plena e 245 mm para os demais manejos.

Ocorreram precipitações de 42,1 mm no final de novembro e 58 mm na segunda quinzena de dezembro. Durante o período avaliado ocorrem outras precipitações, no entanto, com menores volumes chuva.



**Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

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 de 0,85. Nos manejos de irrigação em PRD e irrigação fixa, as plantas recebiam 50% da irrigação plena.

$$I = \frac{O * C * r}{a} \quad (1)$$

Em que:

- I ó Lâmina de irrigação, mm;
- ET<sub>o</sub> ó Evapotranspiração da cultura, mm;
- $K_c$  ó Coeficiente da cultura;
- $K_r$  ó Coeficiente de redução;
- E<sub>a</sub> ó Eficiência de aplicação, %.

O tempo de irrigação (equação 2) foi o mesmo para todos os manejos, uma vez que, o volume de água aplicado nos manejos PRD e Irrigação Fixa era a metade da Irrigação Plena, pois havia três gotejadores por planta efetivamente irrigando, enquanto que na Irrigação Plena o número de gotejadores era o dobro.

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

Em que:

Ti ó Tempo de irrigação, horas;

Ng ó número de gotejadores;

Qg ó Vazão de cada gotejador, L h<sup>-1</sup> e

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

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

Onde:

I ó Lâmina de irrigação, mm;

P ó Precipitação, mm e

AC ó Área de projeção da copa, m<sup>2</sup>.

## 2.2 Eficiência do uso de água

A eficiência do uso da água foi calculada para todos os manejos, levando-se em conta a produtividade, evapotranspiração da cultura e a lâmina bruta aplicada, de acordo com a equação 4:

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

Onde:

EUA ó Eficiência de uso da água, kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>;

PROD ó Produtividade, kg ha<sup>-1</sup> e

I ó 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 ó 0,30; 0,35 ó 0,45; 0,50 ó 0,60; 0,65 ó 0,75 e 0,8 ó 0,9 m e nas profundidades a partir da superfície do solo de 0,0 ó 0,10; 0,15 ó 0,25; 0,30 ó 0,40; 0,45

ó 0,55 e 0,60 ó 0,70 m, nos dois lados das trincheiras. Assim sendo, em 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 e expostas a secagem natural, em uma bancada.



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

Após secas, as raízes foram separadas de acordo com os diâmetros dos segmentos, colocadas em folhas de transparência e 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 permitiram a determinação da densidade de comprimento de raízes, obtida 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 ó Densidade de comprimento de raízes, cm cm<sup>-3</sup>;

L<sub>r</sub> ó Comprimento total de raízes, cm, e

V ó Volume da amostra, cm<sup>3</sup>.

## 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, considerando 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 subsubsubsubdividida no espaço, tendo a variedade como parcela, o manejo a subparcela, o lado da planta a subsubparcela, as distâncias da planta a subsubsubparcela e a profundidade a subsubsubsubparcela. Para os dados de raiz foi realizado 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, nas variáveis produtividade e eficiência do uso de água (Tabela 3), houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) pelo teste F em relação à fonte de variação manejo, enquanto que, variedade e a interação entre variedade e manejo não apresentaram diferença estatística significativa.

**Tabela 3.** Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água. Chapada Diamantina, BA.

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

<sup>ns</sup> e <sup>\*\*</sup> - não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Ocorreu a maior produtividade quando a irrigação supriu 100% da ETc, bem como, no sistema de molhamento parcial do sistema radicular (PRD), com 50% da ETc, alternado a cada 7 ou 14 dias (Tabela 4). Diversos autores observaram que plantas submetidas ao PRD apresentam produtividades similares às plantas submetidas à irrigação plena.

A produtividade e tamanho dos frutos de maçã, cultivadas sob PRD, com 50% da capacidade de campo, não diferiu estatisticamente das plantas submetidas ao tratamento controle, 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 semelhante ao das plantas cultivadas sob PRD, utilizando 33% da água do sistema convencional (DU et al., 2006). A produtividade dos 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 e 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 sete dias de intervalo entre as irrigações, atingindo valores superiores a 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, 50% da ETc, alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

Manejo de irrigação	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Eficiência do uso de água (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
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 ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ). Observa-se efeito significativo apenas para a interação dupla, 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. Chapada Diamantina, BA.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio DCR <sup>1</sup> ( $\text{cm cm}^{-3}$ )
Bloco	2	0.15658061 <sup>ns</sup>
Var <sup>2</sup>	1	0.02941908 <sup>ns</sup>
Resíduo a	2	0.11850211 <sup>ns</sup>
Man <sup>2</sup>	4	0.00637073 <sup>ns</sup>
Var x Man	4	0.03171185 <sup>ns</sup>
Resíduo b	16	0.03925376 <sup>ns</sup>
Lado	1	0.00931461 <sup>ns</sup>
Var x Lado	1	0.00838005 <sup>ns</sup>
Man x Lado	4	0.00522832 <sup>ns</sup>
Var x Man x Lado	4	0.00401474 <sup>ns</sup>
Resíduo c	20	0.00432454 <sup>ns</sup>
Dist <sup>2</sup>	4	0.00501637 <sup>ns</sup>
Var x Dist	4	0.01181770 <sup>ns</sup>
Man x Dist	16	0.00375786 <sup>ns</sup>
Lado x Dist	4	0.00662414 <sup>ns</sup>
Var x Man x Dist	16	0.00503866 <sup>ns</sup>
Var x Lado x Dist	4	0.00262568 <sup>ns</sup>
Man x Lado x Dist	16	0.00412356 <sup>ns</sup>
Var x Man x Lado x Dist	16	0.00433266 <sup>ns</sup>
Resíduo d	160	0.00414594 <sup>ns</sup>
Prof <sup>2</sup>	4	1.17572267 <sup>ns</sup>
Var x Prof	4	0.00250785 <sup>ns</sup>
Man x Prof	16	0.00592782**
Lado x Prof	4	0.00134899 <sup>ns</sup>
Dist x Prof	16	0.00288734 <sup>ns</sup>
Var x Man x Prof	16	0.00279057 <sup>ns</sup>
Var x Lado x Prof	4	0.00266785 <sup>ns</sup>
Var x Dist x Prof	16	0.00456557**
Man x Lado x Prof	16	0.00241771 <sup>ns</sup>
Man x Dist x Prof	64	0.00148600 <sup>ns</sup>
Lado x Dist x Prof	16	0.00128140 <sup>ns</sup>
Var x Man x Lado x Prof	16	0.00474248 <sup>ns</sup>
Var x Man x Dist x Prof	64	0.00303474 <sup>ns</sup>

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio DCR1 (cm cm-3)
Man x Lado x Dist x Prof	64	0.00222147 <sup>ns</sup>
Var x Man x Lado x Dist x Prof	80	0.00211978 <sup>ns</sup>
Resíduo e	800	0.00269426 <sup>ns</sup>
Total Corrigido	1499	
CV (%)	32,17	

<sup>1</sup>DCR ó Distribuição do comprimento de raízes

<sup>2</sup>Var ó Variedade; Man ó Manejo; Dist ó Distância da planta e Prof ó Profundidade

<sup>ns</sup> e \*\* - não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

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 ó 0,15 m, 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. Essa frequência de irrigação favoreceu o aumento da DCR, visto que a irrigação do solo, após um curto período de tempo sem irrigação, favoreceu a manutenção da umidade do solo em ambos os lados da planta, condição adequada ao crescimento radicular. O déficit hídrico, por um período mais longo, não foi favorável ao crescimento radicular na camada mais superficial do solo. Na medida em que a frequência de irrigação foi aumentada para 14 e 21 dias houve uma redução da densidade de raízes. Observou-se também, que as plantas sob manejo com irrigação plena (100% da ETc) apresentaram uma DCR inferior às plantas sob alternância de irrigação a cada sete dias (50% da ETc). Provavelmente a maior disponibilidade de água não exigiu uma maior densidade radicular para captação de água na camada superficial do solo.

A irrigação alternada com um volume equivalente a 2/3 da irrigação plena, em plantas de milho, 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 autoajuste 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).

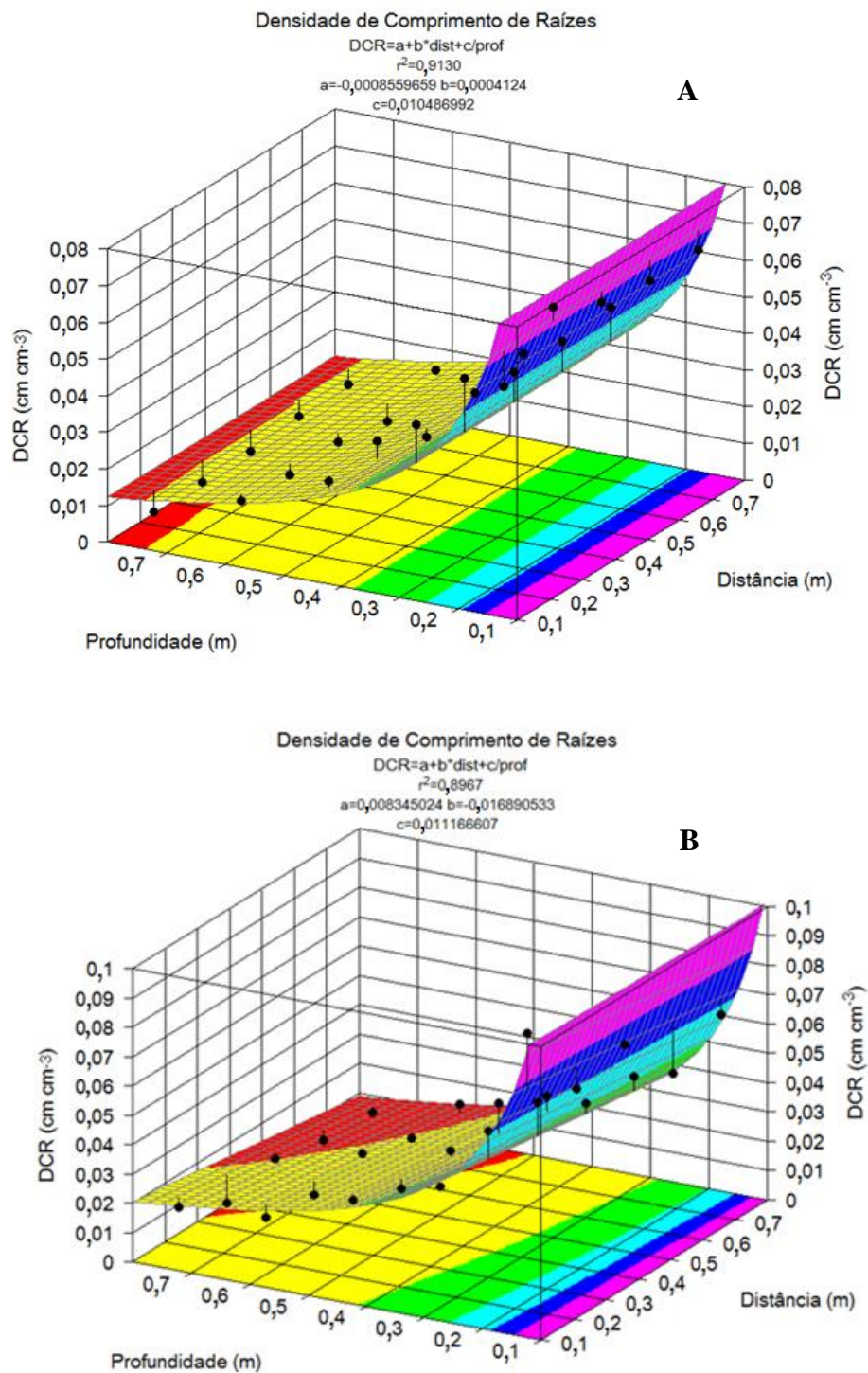
**Tabela 6.** Densidade de comprimento de raiz ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) na interação entre manejo de irrigação e profundidade do solo em PRD: irrigação parcial do sistema radicular, com 50% da ETc, alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; 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 ó 0,15	0,0848 aA	0,0674 aBC	0,0563 aC	0,0755 aAB	0,0609 aC
0,15 ó 0,3	0,0399 b <sup>ns</sup>	0,0480 b	0,0433 b	0,0461 b	0,0426 b
0,3 ó 0,45	0,0242 c <sup>ns</sup>	0,0311 c	0,0231 c	0,0281 c	0,0256 c
0,45 ó 0,6	0,0129 cd <sup>ns</sup>	0,0172 d	0,0177 c	0,0162 cd	0,0162 c
0,6 ó 0,75	0,0075 d <sup>ns</sup>	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.

<sup>ns</sup> ó não significativo.

No que se refere à densidade de comprimento de raiz, em função da distância e profundidade a partir do colo da planta, observou-se que os maiores valores de densidade encontram-se na camada mais superficial do solo, 0 ó 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, em relação à distância do colo da planta, é mais homogênea na variedade Junco do que na 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 em pomares de acerola, sem impactos na produção de frutos, ou seja, é possível reduzir em 50% o volume da água de irrigação, com o molhamento de metade do sistema radicular a cada sete 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 interferiram 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)* ó 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 signaling 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.41652, 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.1476159, 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.1996212, 2010.
- HAGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1985. Chigaco. *Anais...*Chicago, 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.1616168, 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.9236940, 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.1916201, 2004.
- LEIB, B. G.; CASPARI, H. W.; REDULLA, C. A.; ANDREWS, P. K.; JABRO, J. J. Partial rootzone drying and deficit irrigation of Fujiø apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, v.24, p.85699, 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.133461340, 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.14386 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.2506255, 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.26632, 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.58664, 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.165, 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 signaling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant, Cell and Environment*, v.25, p.1956-210, 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 tem se tornando cada vez mais frequentes, a fim de aumentar a produção das culturas e reduzir o consumo de água. A pesquisa buscou avaliar o comportamento da distribuição da água no solo, a extração dela pelas plantas, bem como a produtividade e eficiência do uso de água por meio da técnica de secamento parcial do sistema radicular (PRD). O experimento foi realizado na fazenda Ceral, pertencente à empresa Bioenergia Orgânicos, no município de Lençóis, BA. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, com duas variedades (Junco e Rubra), cinco manejos de irrigação e três repetições. Os manejos foram baseados na porcentagem de redução da lâmina de irrigação calculada, fixada em 50%, e no tempo de alteração da irrigação de cada lado da planta (7, 14 e 21 dias), sendo PRD 7 a redução de 50% da ETc, alternando a cada 7 dias, PRD 14 a redução de 50% da ETc, alternando a cada 14 dias, PRD 21 a redução de 50% da ETc, alternando a cada 21 dias, IF a irrigação fixa em um lado da planta, com redução de 50% da ETc em todo o ciclo e IP a 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 sete dias. O comportamento da distribuição de água no perfil do solo, seis horas após a irrigação no lado irrigado, foi semelhante para todos os manejos. No lado submetido ao secamento no manejo PRD, com alternância de sete 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 ocorreram 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 Barbados 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 Barbados 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 country, 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, 14, and 21 days), that were: (PRD 7 ó reduction of 50% ET<sub>c</sub> switching plant side every 7 days, PRD 14 ó reduction of 50% ET<sub>c</sub> switching plant side every 14 days, PRD 21 ó reduction of 50% ET<sub>c</sub> switching plant side every 21 days, IF ó reduction of 50% ET<sub>c</sub> keeping the irrigation just at one side of the plant during the whole cycle e IP ó full irrigation, i.e., 100% ET<sub>c</sub>). 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. A área de cultivo da aceroleira tem mostrado um aumento significativo devido à prática de 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 tornou-se o principal fator limitante da produtividade das culturas, principalmente nas áreas semiáridas. Cada vez mais, a disponibilidade de água será uma limitação para a expressão do potencial de rendimento dos sistemas agrícolas. A produtividade se tornará menos previsível, devido às condições ambientais de baixa precipitação ou irrigação, aumentando 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 para alcançar altos rendimentos deve ser um dos principais objetivos de pesquisas agrícolas (RICHARDS et al., 2002;. ARAUS, 2004; COELHO et al., 2010).

Muitas são as técnicas para quantificar o teor de água no solo, uma delas é a reflectometria no domínio do tempo (TDR), que apresenta características desejáveis para medição da umidade volumétrica em solos, facilitando o manejo da irrigação (SANTANA 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 ao manejo aplicado à cultura e requer um monitoramento sistemático da umidade no solo ou dos dados meteorológicos, a fim de fornecer as quantidades adequadas de água e determinar o tempo de irrigação necessário (COELHO et al., 2010; CARVALHO, 2011).

O conhecimento da absorção de água do solo é essencial para o manejo de irrigação sustentável e o 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). Para o estudo do sistema radicular das fruteiras, o conhecimento da extração de água do solo 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 importante 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 o que determina o total de água extraído do solo é a quantidade disponível e a profundidade da extração, que estão 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; SANTOANA, 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 como secamento parcial do sistema radicular (Partial root-zone drying ó 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, reduzindo substancialmente a perda de água, com pouco comprometimento sobre a fotossíntese, 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 do sistema radicular, para o manejo adequado de água e para o auxílio no que se refere à concepção de sistemas de irrigação.

Objetivou-se determinar o comportamento da distribuição de água no solo, a extração pelo sistema radicular de plantas de acerola submetidas ao secamento parcial do sistema radicular, e ainda quantificar a produtividade fornecendo respostas quanto à 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, 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, em pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA.

Camada (m)	Classificação granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )							Classificação Textural	
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte Argila		
0,00 ó 0,20	6	43	166	214	59	488	110	402	Argila arenosa
0,20 ó 0,40	6	43	159	205	58	471	99	430	Argila arenosa
0,40 ó 0,60	4	39	157	211	61	472	77	451	Argila arenosa
0,60 ó 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 pomar de acerola, na Chapada Diamantina, BA.

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

$\rho_s$  ó Densidade do solo.

O experimento foi executado em uma área de aceroleira, com espaçamento de 4m x 2m. A irrigação foi realizada por seis gotejadores autocompensantes por planta, com vazão de 4 L h<sup>-1</sup>, em duas linhas laterais por fileira de plantas, sendo três emissores em cada linha lateral, separados de 0,40 m.

O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, fazendo uso de duas variedades, cinco manejos de irrigação e três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por quatro plantas úteis, e entre elas 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 de irrigação calculada que foi de 50%, aplicada em apenas um lado da planta, com diferentes períodos de alternância. Dessa forma têm-se: PRD 7 ó redução de 50% da ETc, alternado a cada 7 dias, PRD 14 ó redução de 50% da ETc, alternado a cada 14 dias, PRD 21 ó redução

de 50% da ETc, alternado a cada 21 dias, IF ó irrigação fixa em um lado da planta, com redução de 50% da ETc e o controle IP ó irrigação plena, ou seja, 100% da ETc.

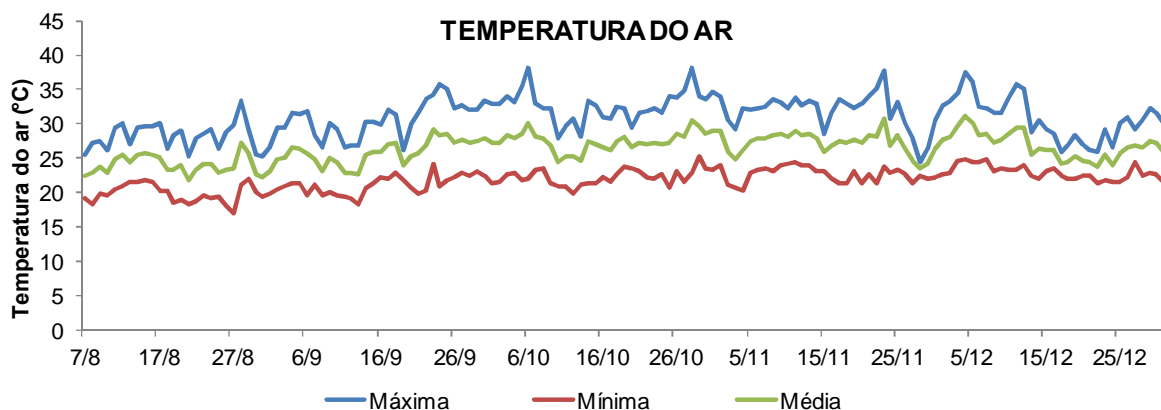
## 2.1 Manejo da Irrigação

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 instalada na propriedade uma estação meteorológica automática (Figura 1), que disponibilizou os dados de umidade relativa, temperatura máxima e mínima e a precipitação ocorrida.



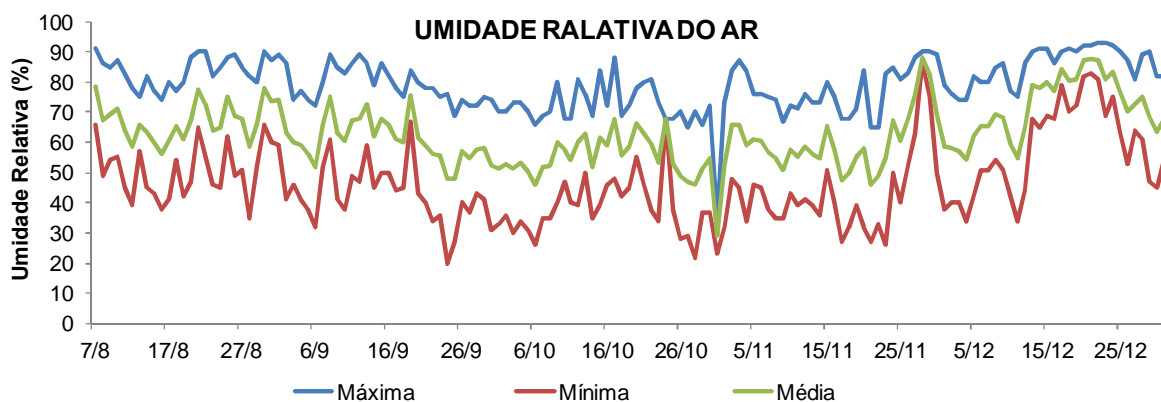
**Figura 1.** Estação meteorológica para obtenção dos parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração.

Na Figura 2 observa-se que a temperatura média situou-se entre 24 e 28°C. 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, atingindo os 24,5 °C, fato que se deve às 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 a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

A umidade relativa máxima atinge valores superiores a 70% em quase todos os dias, e a umidade relativa mínima, em torno de 30%, ocorre nos meses de outubro e novembro. A umidade relativa média situa-se entre 60 e 75%, de agosto até final de setembro, o mesmo ocorre na primeira quinzena de dezembro, quando começa o período chuvoso. De outubro até o início de dezembro, a umidade relativa média situou-se entre 50 e 65% (Figura 3).



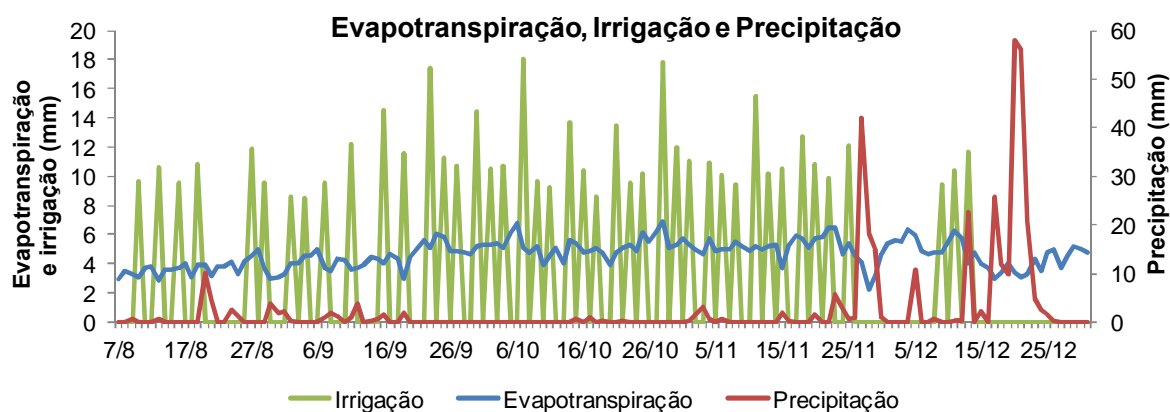
**Figura 3.** Variação da umidade relativa do ar máxima, mínima e média ocorridas de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA..

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 as 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 a 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. Foram aplicados cerca de 490 mm para o manejo de irrigação plena e 245 mm para os demais manejos.

Ocorreram precipitações de 42,1 mm no final de novembro e 58 mm na segunda quinzena de dezembro. Durante o período avaliado ocorrem outras precipitações, no entanto, com menores volumes chuva.



**Figura 4.** Valores de evapotranspiração de referência, irrigação e precipitação ocorridas no período de agosto a dezembro de 2013, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

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 de 0,85. Nos manejos de irrigação em PRD e irrigação fixa, as plantas recebiam 50% da irrigação plena.

$$I = \frac{O^* \cdot C^* \cdot r}{a} \quad (1)$$

Em que:

$I$  ó Lâmina de irrigação, mm;

$E_{To}$  ó Evapotranspiração de referência, mm;

$K_c$  ó Coeficiente da cultura;

$K_r$  ó Coeficiente de redução;

$E_a$  ó Eficiência de aplicação, %.

O tempo de irrigação (equação 2) foi o mesmo para todos os manejos, uma vez que, o volume de água aplicado nos manejos PRD e Irrigação Fixa era a metade da Irrigação Plena,

pois havia três gotejadores por planta efetivamente irrigando, enquanto que na Irrigação Plena o número de gotejadores era o dobro.

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

Em que:

$T_i$  ó Tempo de irrigação, horas;

$N_g$  ó número de gotejadores;

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

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

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

Onde:

$I$  ó Lâmina de irrigação, mm;

$P$  ó Precipitação, mm e

$AC$  ó Área de projeção da copa,  $m^2$ .

## 2.2 Eficiência do uso de água

A eficiência do uso da água foi calculada para todos os manejos, levando em conta a produtividade, evapotranspiração da cultura e a lâmina bruta aplicada, de acordo com a equação 4:

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

Onde:

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

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

$I$  ó Lâmina de irrigação, mm.

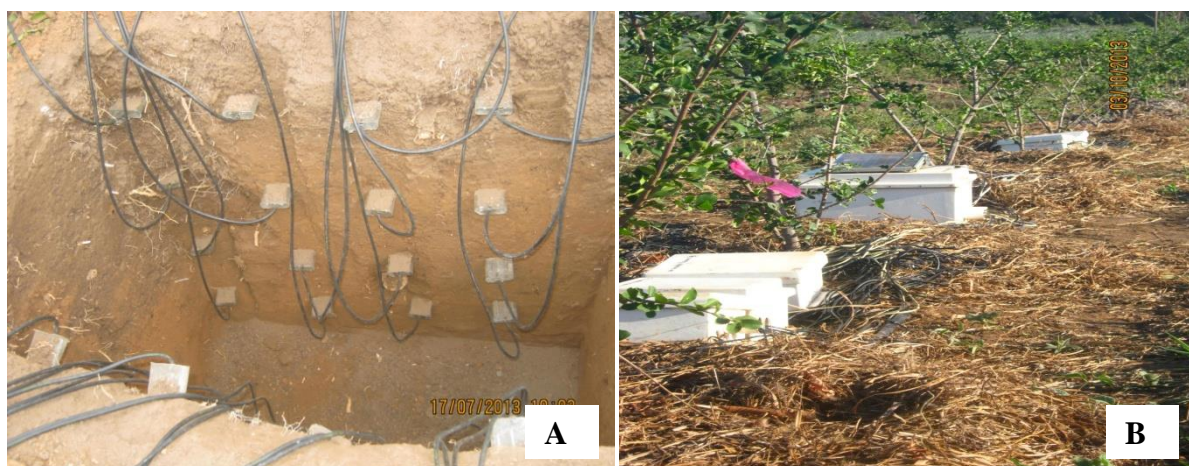
## 2.3 Sondas de TDR

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 com 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 três 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), em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

A correção dos valores de umidades lidos pelo TDR foi feita com a calibração das sondas. Para isso, foram retiradas da área experimental amostras indeformadas de solo, em tubos de PVC, com 0,11 m de diâmetro 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, colocaram-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 de umidade constante. A partir desse ponto, o

conjunto foi levado à estufa a 105°, em intervalos de 30 minutos, até verificar a não variabilidade dos valores lidos. Os valores de umidade volumétrica, para cada pesagem do conjunto, foram determinados pela equação 5.

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

Onde:

$\theta$  ó Umidade volumétrica do solo ( $m^3 m^{-3}$ );

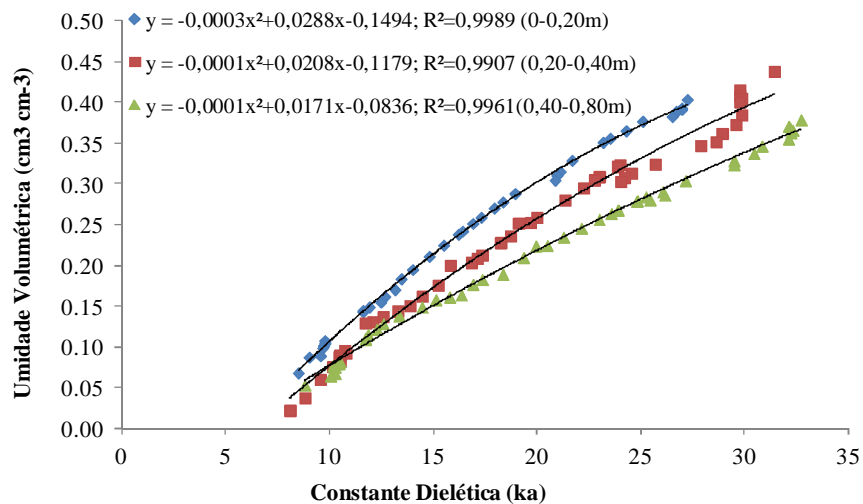
P1 ó Peso úmido do conjunto tubo-solo-sonda-tela (kg);

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

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

s ó densidade do solo ( $kg dm^{-3}$ )

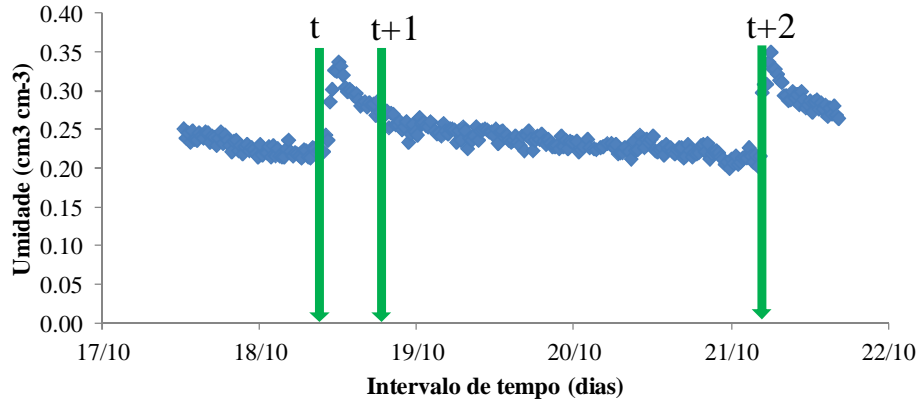
Utilizando-se a equação de Ledieu et al.(1986) e os dados de umidade, obtidos pela TDR, determinou-se a constante dielétrica ( $k_a$ ) que, relacionada com os dados de umidade volumétrica forneceu as equações de calibração (Figura 6) para as profundidades de 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,80 m.



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

Os cálculos das lâminas de água infiltrada (LTI) após a irrigação e extraída do sistema (LTE) foram feitos 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 e instantes antes de ocorrer nova irrigação (t+2) (Figura 7).



**Figura 7.** Identificação dos tempos (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 ( $\theta_{t+1}$ ) e antes de uma irrigação ( $\theta_t$ ), permitiu a determinação da lâmina de água infiltrada no tempo (t+1) ó (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 ó Lâmina total de água infiltrada no plano (r,z) (mm)

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

$\theta_t(r,z)$  ó 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 ó Lâmina total de água extraída no plano (r,z) (mm)

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

$\theta_{t+2}(r,z)$  ó 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:

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

Sendo:

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

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

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

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

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

$\theta_0$  ó umidade no instante j+1, ou seja, após uma hora ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )

## 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 considerou-se 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 DISCUSÃO

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 fonte de variação manejo, enquanto que variedade e a interação entre variedade e manejo não apresentaram diferença.

**Tabela 3.** Análise de variância para produtividade e eficiência do uso de água. Chapada Diamantina, BA.

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

<sup>ns</sup> e <sup>\*\*</sup> - não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

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, comparando à 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).

Na 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, pode 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 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. Trabalhos desenvolvidos, com culturas irrigadas sob PRD, demonstraram 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. A resposta caracteriza-se pela produção de sinais químicos na raiz, que

são transmitidos para os brotos, resultando no fechamento dos estômatos e 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 CO<sub>2</sub> poder ser absorvido por unidade de água transpirada, pois o fechamento estomático inibe mais a transpiração do que diminui as concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub> (TAIZ; ZEIGER 2009). O sinal químico emitido é, principalmente, o fitormônio ácido abscísico (ABA), que é transportado das raízes, onde tem sua produção incrementada pelo estresse hídrico no solo e acumulado nas folhas. O acúmulo do ABA nas folhas desencadeia o fechamento estomático. Vários trabalhos constataram que plantas cultivadas sob PRD apresentaram redução da transpiração e aumento da concentração de ABA nas folhas (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 50% da ETc, alternando aos 7, 14 e 21 dias; IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETc; IP: irrigação plena, 100% da ETc, em pomar de acerola na Chapada Diamantina, BA.

Manejo de irrigação	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Eficiência do uso de água (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
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.

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

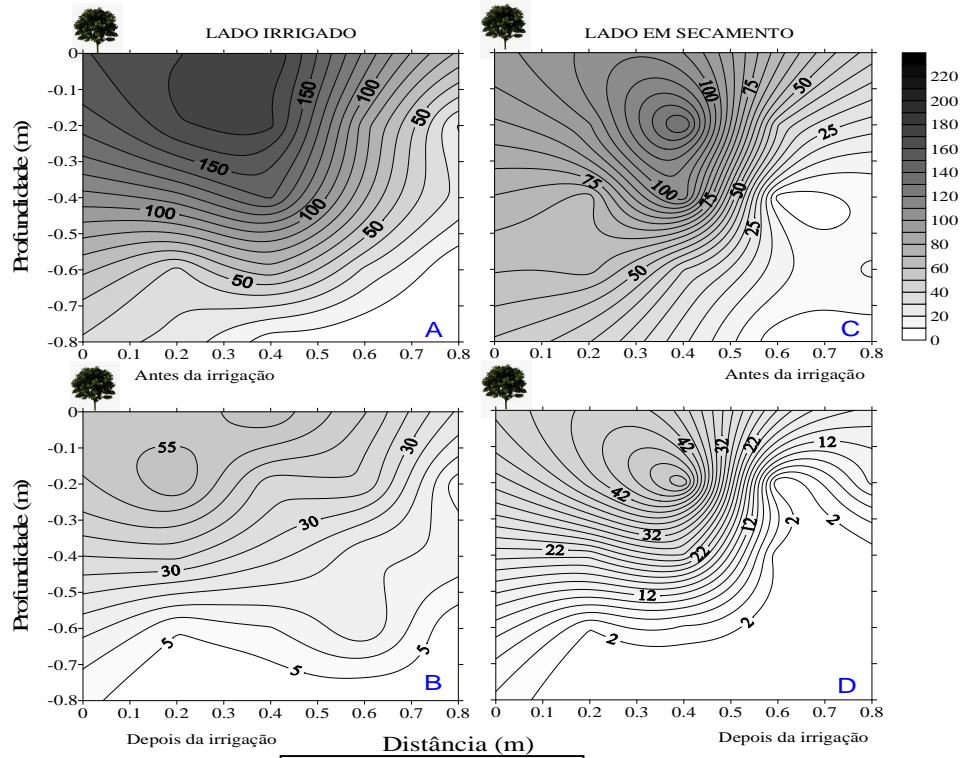
A água disponível (%) no solo, seis horas após a irrigação, momento em que ocorreu a infiltração (Figura 8A, 8E e 8I), apresentou boa distribuição, com valores superiores aos 100%, ou seja, acima da capacidade de campo até praticamente os 0,45 m de profundidade e a uma distância da planta de até 0,65 m, para os manejos de PRD. Os maiores valores foram encontrados próximos ou abaixo de onde se localizavam os gotejadores. Nas áreas mais afastadas e com maior profundidade não há água disponível para as plantas. Três dias antes da nova irrigação, a água disponível no perfil do solo, no lado irrigado até a profundidade de

0,45 m, estava 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 a umidade, na distância citada, encontrava-se em aproximadamente 72% da umidade à capacidade de campo, demonstrando que o sistema radicular estava em uma condição favorável.

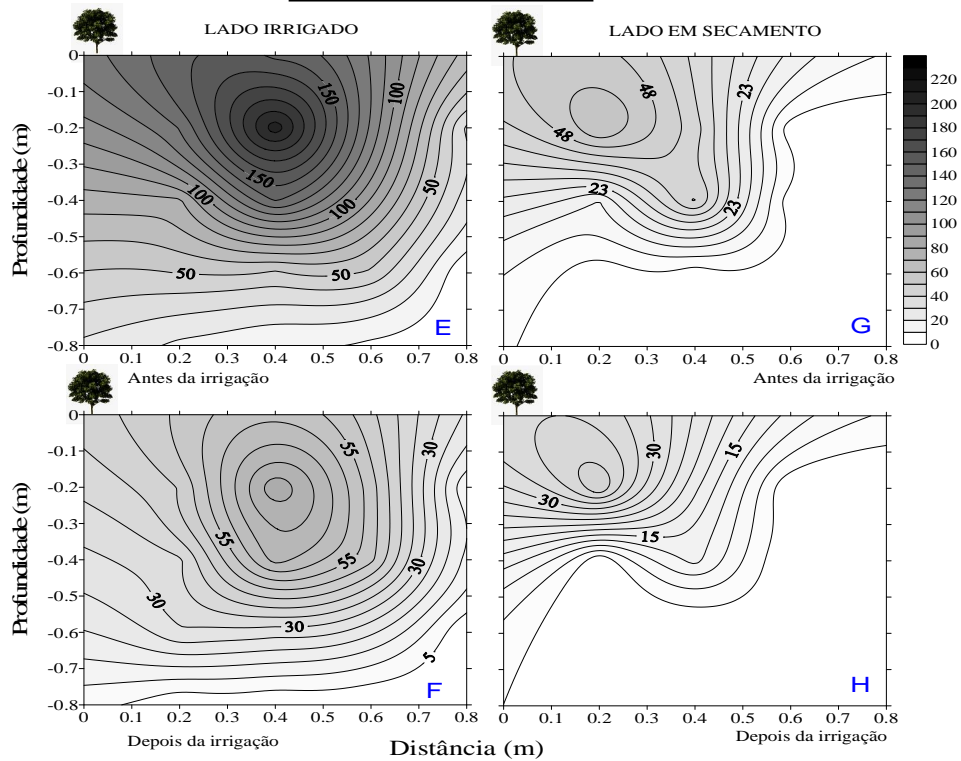
Ao realizar uma análise do lado em secamento, observa-se que a água disponível varia de acordo com o manejo aplicado. Em PRD, com alternância de 7 dias, nota-se que os valores de água disponível estão acima de 100% (Figura 8C), em algumas áreas do perfil do solo, após dois dias de secagem. Aos cinco 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 no 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 à 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 sete 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 sete dias de alternância, resulta na maior produtividade destas.

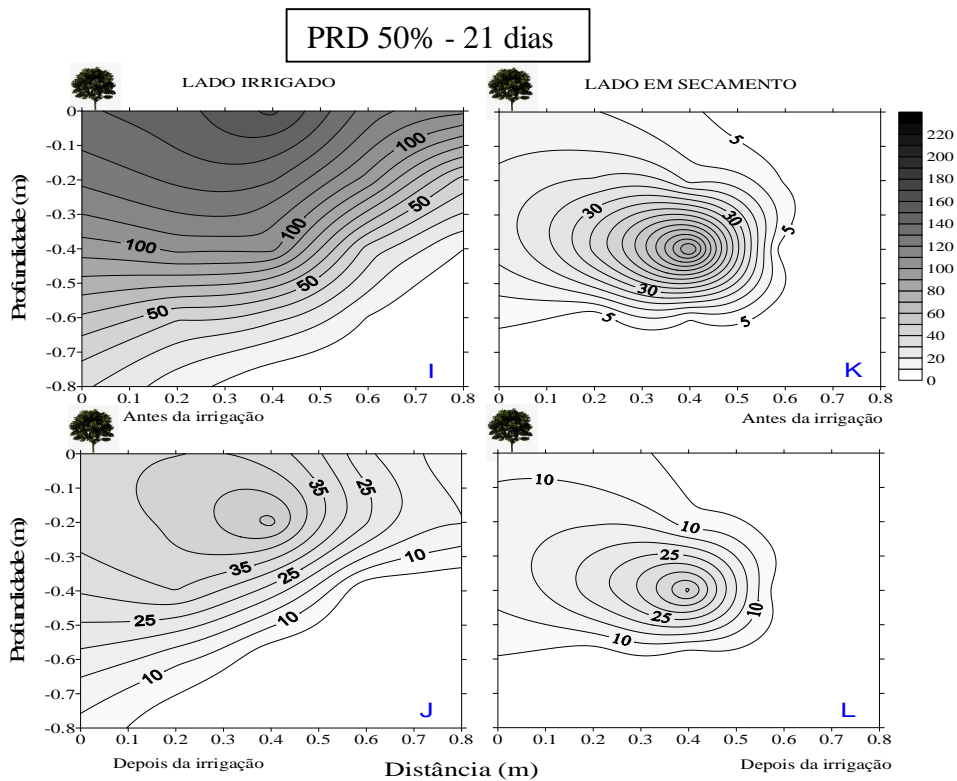
PRD 50% - 7 dias



PRD 50% - 14 dias

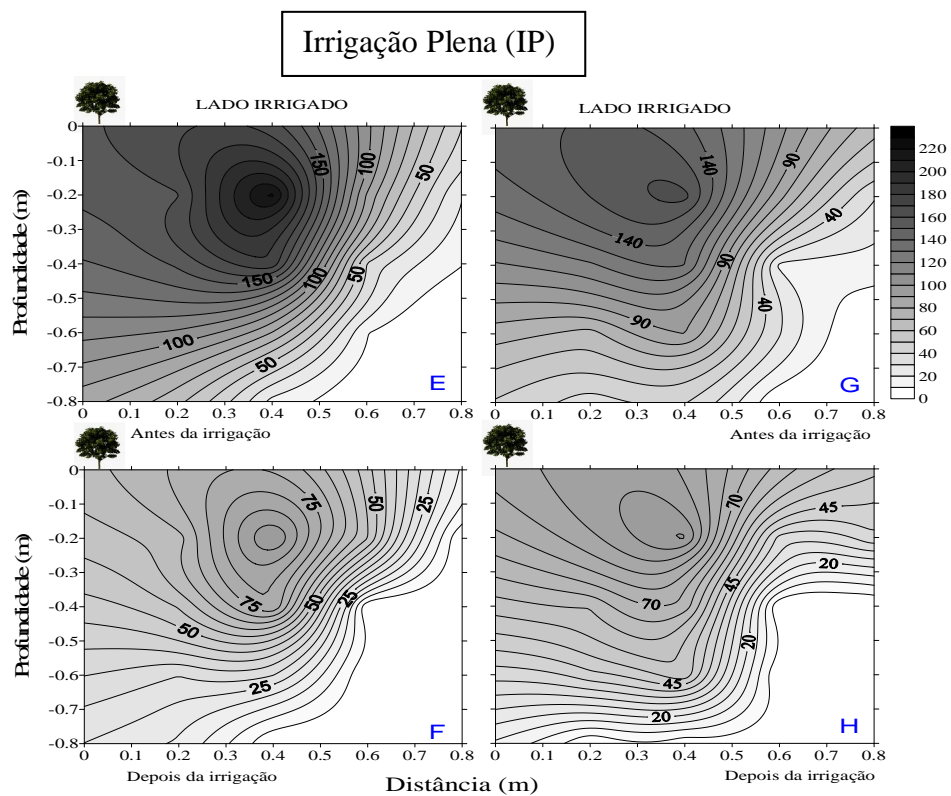
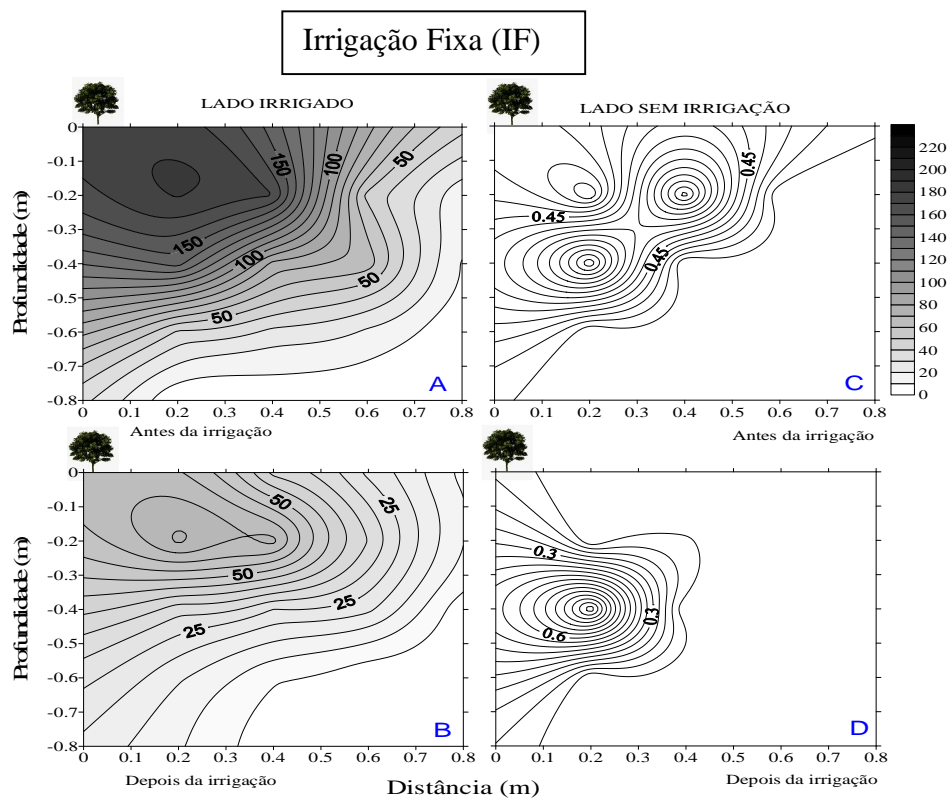






**Figura 8.** Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação e antes da próxima irrigação (A, B, E, F, I, J). Água disponível no solo sob secamento após dois dias de secamento (C, G e K) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D, H e L) para os manejos em PRD: 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 de 65% na parte mais superficial e 30% aos 0,40 m. No lado sem irrigação, a quantidade de água disponível é praticamente insignificante (Figuras 9C e 9D), o que justifica o menor valor de produtividade. Em tal manejo há um déficit hídrico severo, em um dos lados do sistema radicular, então o desenvolvimento das raízes pode ficar comprometido devido à escassez de água.

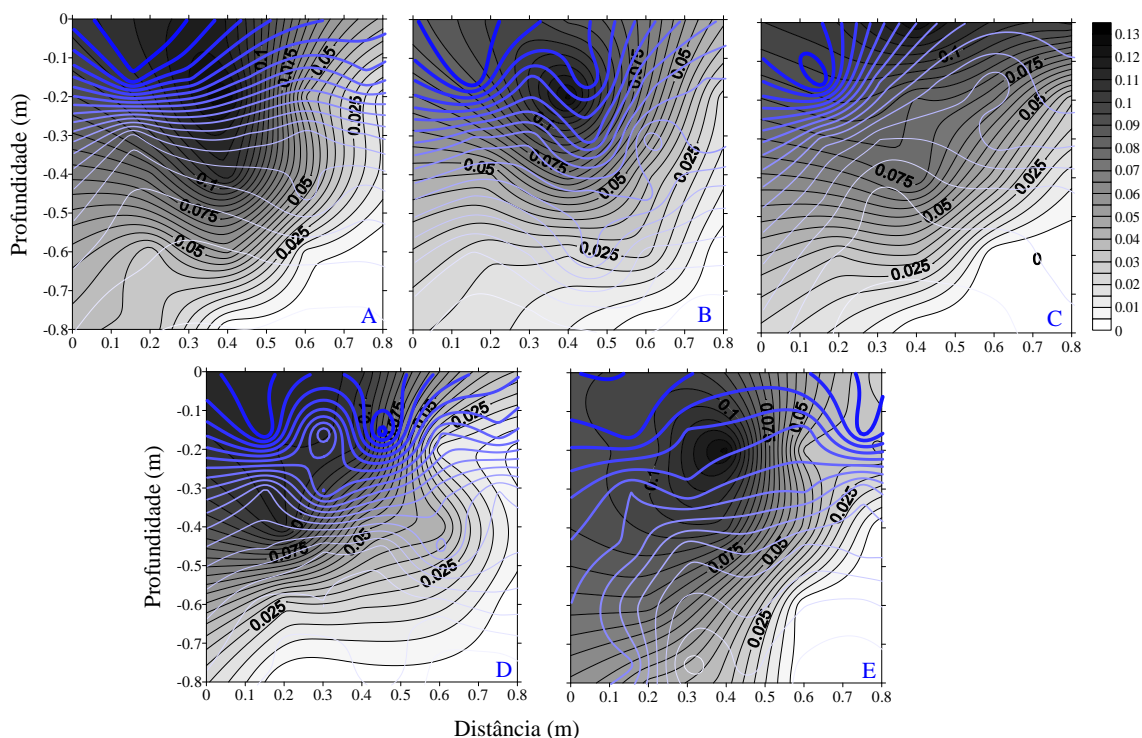


**Figura 9.** Água disponível (%) no lado irrigado seis horas após a irrigação (A e E) e antes da próxima irrigação (B, e F). Após dois dias de secamento (C e G) e, dois dias antes do molhamento pela alternância da irrigação (D e H) para os manejos em IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular,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

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), os valores foram superiores aos 50%, o que representa aproximadamente 80% da capacidade de campo. Esses valores de água disponível podem ter ocasionado um menor crescimento das raízes, uma vez que a quantidade de água nas camadas superficiais era suficiente para manter o fornecimento às plantas, o que acarretou em uma produtividade semelhante ao manejo PRD, com alternância de 7 e 14 dias.

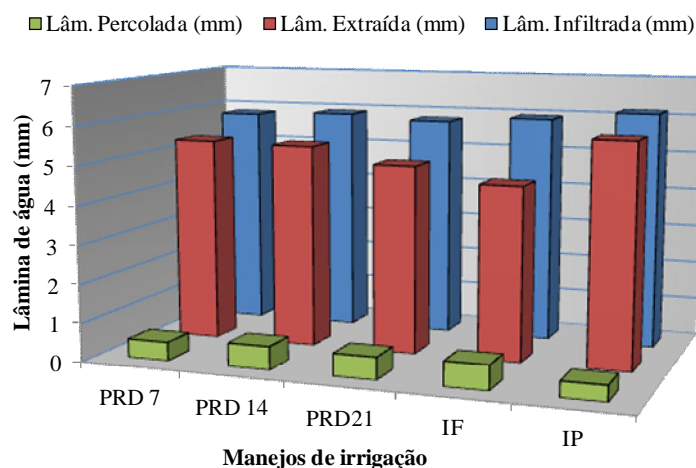
A Figura 10 ilustra a extração de água para os manejos de irrigação. As isolinhas sobrepostas a esses gráficos representam a densidade de comprimento de raízes em cada manejo. As regiões de maior extração ocorreram predominantemente na região do volume molhado, bem como nas áreas de maior concentração 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 sete 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 0,59 m de distância da planta. 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% na 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 encontradas para Irrigação Plena (0,54 m), enquanto que em PRD, com alternância de 21 dias e em Irrigação Fixa ocorreram as maiores extrações, até os 0,43 m, enquanto que em 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  $E_{Tc}$  alternando aos 7 dias (A), 14 dias (B) e 21 dias (C); IF: irrigação fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da  $E_{Tc}$  (D); IP: irrigação plena, 100% da  $E_{Tc}$  (E), em pomar de acerola na Chapada Diamantina.

No balanço de entradas e saídas de água do perfil do solo (Figura 11), nota-se que houve perdas por percolação. Todos os manejos tiveram lâminas de água infiltrada ao redor de 6 mm, visto que somente foi avaliado 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 fixa em um lado do sistema radicular, com 50% da ETC; IP: irrigação plena, 100% da ETC, em pomar de acerola na Chapada Diamantina BA.

#### 4 CONCLUSÕES

O perfil do solo para o manejo de PRD, com alternância de sete dias, no lado em secamento, manteve 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 água, no manejo de alternância de sete 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.

As distâncias e profundidades de extração aproximam-se das profundidades 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.128061290, 2011.
- BURKART, S.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H. J. Interactive effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub>-concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *Eur. J. Agron*, v.21, p.4016417, 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.2596272, 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 ó 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.41652, 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.1476159, 2008.
- GHRAB, M.; AYADI, M.; GARGOURI, K.; CHARTZOULAKIS, K.; GHARSALLAOUI, M.; BENTAHHER, 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. Chicago. *Anais...*Chicago, 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.1916201, 2004.

LEDIEU, J. et al. A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometry. *Journal. Hydrol.*, n. 88, p. 3196328, 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.3876398, 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 ó 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. 67673, 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.4256439, 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.1116121, 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 submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga*, Botucatu, v.19, n.2, p. 92-301, 2014

SANTANA, 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.

SANTANA, 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 inúmeras são as notícias acerca 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 tem demonstrando, em pesquisas ao longo dos anos, ser um método que permite 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, maiores produtividades e diminuição do consumo de água na cultura da acerola, demonstrando a viabilidade da técnica.

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