

LEANDRO CANDIDO GORDIN

MANEJOS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA  
DO PIMENTÃO RUBIA R. EM AMBIENTE PROTEGIDO

RECIFE - PE  
2018

LEANDRO CANDIDO GORDIN

MANEJOS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA  
DO PIMENTÃO RUBIA R. EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Engenharia de Água e Solo. Linha de Pesquisa: Manejo Integrado de Água e Solo

Orientadora: Prof. Dra. Ceres Duarte Guedes  
Cabral de Almeida

RECIFE - PE  
2018

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

G661m Gordin, Leandro Candido  
Manejos e frequências de irrigação para a cultura do pimentão  
Rubia r. em ambiente protegido / Leandro Candido Gordin. – 2018.  
77 f. : il.

Orientador (a): Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Minilímetro de pesagem 2. Evaporímetro de Piché  
3. Tensiômetro 4. Sensor de umidade do solo EC-5 I. Almeida,  
Ceres Duarte Guedes Cabral de, orientadora II. Título

CDD 631

**MANEJOS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA  
DO PIMENTÃO RUBIA R. EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**LEANDRO CANDIDO GORDIN**

Dissertação defendida e aprovada em 20 de julho pela Banca  
Examinadora:

Orientadora:

---

Prof. Dra. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida – UFRPE  
CODAI – UFRPE

Examinadores:

---

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior – UFRPE  
DEAGRI – UFRPE

Examinadores:

---

Prof. Dr. Alexsandro Cláudio dos Santos Almeida  
CECA - UFAL

***Dedico***

Aos meus pais, Jodocy e Sônia.

**“Há algumas virtudes suas que jamais seriam descobertas se não fossem as provações pelas quais você passa”**

*Charles H. Spurgeon*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e Te agradeço por esta vitória, pois sem a Tua ajuda e o Teu apoio jamais a teria alcançado!

A minha família, meu pai Jodocy, minha mãe Sônia e minha irmã Jaqueline. Apesar das nossas diferenças vocês nunca deixaram de me apoiar, sempre deixaram de lado qualquer desavença e estavam ao meu lado para me ajudar. Hoje estamos comemorando uma vitória juntos. Muito bom tê-los por perto.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida, seus ensinamentos e apoio foram muito importantes para mim. Muito obrigado! Com todo o carinho e de coração eu agradeço suas ações magistrais durante este período de convivência.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Ênio Farias de França e Silva pelo incentivo, amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. José Amilton Santos Júnior pelas contribuições para aprimorar esta dissertação e por ceder a casa de vegetação que foi fundamental para o desenvolvimento do experimento.

A minha companheira Bruna Vidal Freire pela paciência e compreensão.

Aos meus amigos de sala na UFRPE, Frederico, Sirleide, Andrey e Anízio. Como é bom contar com as amizades sinceras e fraternas de vocês. Sempre levarei comigo os ensinamentos que aprendi com vocês.

Aos meus amigos e colaboradores da pesquisa, Igor, Edjane, Plácido, Giralayne, Amanda e Gisely pelo companheirismo e apoio durante o trabalho árduo do experimento.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), pela oportunidade concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

A todos que não citei, mas que contribuíram de alguma forma para a concretização desta dissertação. Muito Obrigado!

## Sumário

Lista de Tabelas .....	viii
Lista de Figuras .....	x
RESUMO GERAL.....	11
GENERAL ABSTRACT.....	12
<b>1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>14</b>
1.1. Introdução .....	14
1.2. Referências bibliográficas.....	16
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. Taxonomia e botânica da cultura do pimentão.....	17
2.2. Estádios Fenológicos.....	18
2.3. Demanda hídrica do pimentão .....	19
2.4. Importância econômica no Brasil e em Pernambuco .....	19
2.5. Manejo de irrigação no cultivo protegido de olerícolas.....	20
2.6. Determinação da lâmina de irrigação via clima.....	22
2.6.1. Minilísímetro de Pesagem.....	23
2.6.2. Evaporímetro de Piché.....	23
2.7. Determinação da lâmina de irrigação via solo.....	25
2.7.1. Tensiômetro.....	25
2.7.2. Sensor de Umidade do Solo ECH <sub>2</sub> O.....	25
2.8. Frequência de irrigação .....	26
2.9. Referências bibliográficas.....	26
<b>3. EFICIÊNCIA HÍDRICA NO CULTIVO PROTEGIDO DO PIMENTÃO COM LÂMINA DE IRRIGAÇÃO ESTIMADA POR DIFERENTES MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
RESUMO.....	32
ABSTRACT .....	33
3.1. Introdução.....	34
3.2. Material e Métodos .....	35
3.3. Resultados e Discussão .....	39
3.3.1. Demanda hídrica do pimentão sob diferentes manejos de irrigação .....	39
3.3.2. Eficiência do uso da água e teor de água nos frutos do pimentão sob diferentes lâminas e frequências de irrigação.....	41
3.3.3. Produtividade comercial do pimentão sob diferentes lâminas e frequência de irrigação... ..	43
3.4. Conclusões.....	47
3.5. Referências Bibliográficas .....	48
<b>4. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PIMENTÃO SOB DIFERENTES LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO.....</b>	<b>52</b>

RESUMO.....	52
ABSTRACT .....	53
4.1. Introdução.....	54
4.2. Material e Métodos .....	55
4.2.1. Estrutura experimental.....	55
4.2.2. Manejo da cultura e colheitas.....	56
4.3. Sistema e manejos da irrigação .....	58
4.3.1. Método de Hargreaves-Samani (1985) .....	58
4.3.2. Minilísímetro de pesagem .....	58
4.3.3. Evaporímetro de Piché.....	59
4.3.4. Evapotranspiração de cultura.....	60
4.3.5. Sensor de Umidade do Solo ECH <sub>2</sub> O.....	60
4.3.6. Tensiômetro.....	61
4.5. Parâmetros biométricos .....	62
4.6. Análises de biomassa da parte aérea e dos frutos.....	64
4.7. Análises estatísticas .....	64
4.8. Resultados e Discussões.....	64
4.9. Conclusões.....	73
4.10. Referências bibliográficas .....	73
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Composição física do Latossolo Amarelo Distrocoeso típico .....	36
Tabela 2. Composição química do Latossolo Amarelo Distrocoeso típico .....	37
Tabela 3. Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água na massa fresca (EUAf) e seca (EUAs) dos frutos comerciais de pimentão em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação. ....	41
Tabela 4. Eficiência do uso de água dos frutos comerciais frescos de pimentão (EUAf) e secos (EUAs) sob irrigação integral ou parcelada.....	43
Tabela 5. Análise de variância para o comprimento longitudinal do fruto (CLF), comprimento transversal do fruto (CTF), diâmetro de fruto (DF) e número de frutos (NFr) em função das diferentes manejos e frequências de irrigação.....	44
Tabela 6. Comprimento longitudinal do fruto (CLF), comprimento transversal do fruto (CTF), diâmetro de fruto (DF) e número de frutos por tratamento (NFr) em função do diferentes manejos de irrigação. ....	44
Tabela 7. Análise de variância para a produtividade comercial do pimentão cv. Rúbia (t ha <sup>-1</sup> ) em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação....	45
Tabela 8. Produtividade comercial de frutos frescos e secos do pimentão irrigado com aplicação integral e parcelada.....	47
Tabela 9. Composição química do Latossolo Amarelo Distrocoesotípico.....	56
Tabela 10. Coeficientes de cultura para o pimentão distribuído de acordo com as fases vegetativas. ....	60
Tabela 12. Resumo da análise de variância para as variáveis biométricas: índice de área foliar (IAF), diâmetro do caule (DC) e altura da planta (AP) das plantas de pimentão Rúbia R. aos 95 DAT em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.....	65
Tabela 13. Valores médios de índice de área foliar (IAF) e diâmetro do caule (DC) em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.....	66
Tabela 14. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto de altura de planta (TCAA), taxa de crescimento relativo de altura de plantas (TCRA), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRD) em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação para a cultura do pimentão. ....	68
Tabela 15. Valores médios de taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRD) em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.....	69

Tabela 16. Resumo da análise de variância para a massa fresca (MFPA) e seca da parte área (MSPA) do pimentão cv. Rúbia em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação. ....	69
Tabela 17. Massa fresca e massa seca da parte área das plantas de pimentão sob diferentes lâminas de irrigação. ....	70
Tabela 18. Massa fresca e massa seca do pimentão em função das diferentes frequências de irrigação. ....	70
Tabela 19. Resumo da análise de variância para produtividade total ( $t\ ha^{-1}$ ) do pimentão cv. Rúbia em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação. ....	71
Tabela 20. Produtividade total do pimentão em função das diferentes frequências de irrigação. ....	72

## Lista de Figuras

Figura 1. Demanda hídrica da cultura do pimentão sob diferentes estratégias de irrigação. ....	40
Figura 2. Eficiência do uso da água para as variáveis de massa fresca (EUAF) e massa seca (EUAS) dos frutos comerciais de pimentão em função de diferentes lâminas de irrigação. ....	42
Figura 3. Produtividade comercial de frutos frescos e secos de pimentão em função das diferentes lâminas de irrigação. ....	46
Figura 5. Altura de plantas (AP) de pimentão cv. Rúbia, em função dos diferentes controles de irrigação e sua evolução temporal durante o estudo. ..	66
Figura 4 - Diâmetro do caule (DC) de pimentão cv. Rúbia, em função dos diferentes controles de irrigação e sua evolução temporal durante o estudo. ..	68
Figura 6. Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) do pimentão em função das diferentes técnicas de controle de irrigação. ....	72

GORDIN, LEANDRO CANDIDO. Me. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018. **Manejos e frequências de irrigação para a cultura do pimentão Rubia R. em ambiente protegido.**

Orientadora: Prof. Dra. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida

## **RESUMO GERAL**

Na olericultura, o manejo adequado do sistema de irrigação contribui significativamente para as culturas expressarem seu potencial produtivo. Porém, existem diversas técnicas para estimar as lâminas de irrigação, as quais proporcionam diferentes condições na relação solo, planta e atmosfera, desse modo, as diferentes lâminas de água induzem a cultura apresentar variações na produtividade. A estimativa da lâmina de água pode ocorrer via clima, solo ou planta, no entanto, independentemente da técnica adotada, é essencial que o método proporcione a eficiência do uso da água, produtividade satisfatória, e de preferência, que seja de fácil manuseio e com viabilidade econômica. Diante do exposto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de comparar os resultados hídricos e produtivos de plantas de pimentão, em cultivo protegido, expostas a diferentes lâminas de irrigação, em virtude do método de estimativa e aplicadas em distintas frequências. O experimento foi conduzido no período de 31 de outubro de 2017 a 02 de fevereiro de 2018, em Recife-PE (8° 01" 07" de latitude Sul e 34° 56" 53" de longitude Oeste, altitude de 6,50 m), na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os tratamentos consistiram na estimativa da lâmina de irrigação - via solo (sensor de umidade EC-5 e tensiômetro) e via clima (minilímetro de pesagem, equação de Hargreaves-Samani e evaporímetro de Piché) - aplicada de forma contínua ou fracionada, via gotejo. Os métodos via solo, proporcionaram às plantas de pimentão o consumo hídrico superior em relação aos métodos via clima. Da mesma forma, a eficiência do uso da água foi maior com os métodos de lisimetria e sensor de umidade. As variáveis biométricas dos frutos e a produtividade foram influenciadas significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação, sendo que com os métodos via solo, novamente, obtiveram-se melhores resultados destes parâmetros. Os resultados encontrados para as variáveis de crescimento (diâmetro do caule e índice de área foliar da planta) foram influenciadas pelos diferentes controles de irrigação, enquanto a altura da planta não apresentou resultados

significativos. O fracionamento da aplicação da água de irrigação proporcionou incremento na produtividade e na eficiência do uso da água em relação a aplicação integral.

Palavras-chave: minilímetro de pesagem, Hargreaves-Samani, evaporímetro de Piché, tensiômetro, sensor de umidade do solo EC-5

GORDIN, LEANDRO CANDIDO. Msc. Federal Rural University of Pernambuco. July of 2018. **Irrigation scheduling and frequencies to Rubia R. capsicum grown in a greenhouse.**

Advisor: Prof. Dra. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida

## **GENERAL ABSTRACT**

In horticultural production, the appropriate irrigation management contributes significantly to the crops expressing their productive potential. However, a number of methods for estimating irrigation depths have been developed, which provide different soil, plant and atmosphere conditions, therefore, different depths result at variations in the yield. The estimation of water depth can be calculated based on climate, soil or crop, nonetheless, regardless of the method adopted, it is essential that it provides an efficient water use, satisfactory productivity, and preferably, easy handling and economical viability. Thus, the present research compared the water and productive results of capsicum crop in greenhouse, exposed to different methods to determine the irrigation depth and applied at different frequencies. The experiment was carried out between October 31, 2017 and February 2, 2018, in Recife-PE (8 ° 01 "07"S and 34 ° 56 "53"W, and 6.50 m above sea level), at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). The treatments included estimating irrigation depth based on soil (moisture sensor EC-5 and tensiometer) and based on climate (weighing lysimeter, Hargreaves-Samani equation and Piché evaporimeter), applied at once or twice, by drip irrigation. The estimating methods via soil provided to capsicum crop the superior water consumption in relation to the methods via climate. As well, the water use efficiency, the highest values were obtained with the lysimetry and moisture sensor methods. Biometric variables of fruits and yield were significantly influenced by different irrigation depths, since with methods via soil, again, reached higher results of these parameters. The

results show that the stem diameter and leaf area index were influenced by the different irrigation controls, while the crop height did not present significant results. The fractionation of the application of the irrigation provided an increase in the productivity and the water use efficiency in relation to application at once.

Keywords: weighing lysimeter, Hargreaves-Samani, Piché evaporimeter, tensiometer, soil moisture sensor EC-5

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1. Introdução

O pimentão é uma hortaliça cultivada em todo o Brasil. Na região Nordeste é uma cultura amplamente explorada por pequenos e médios horticultores, além disso, as condições edafoclimáticas favoráveis para irrigação, proporcionam seu cultivo durante todo o ano (MARCUSI e BÔAS, 2003; PIMENTA, 2012). O sistema produtivo predominante é o cultivo em campo aberto, o qual não atende a demanda do mercado interno, devido possuir acesso limitado aos métodos para quantificação da lâmina de irrigação (MESQUITA, 2008).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido tem se expandido bastante nas áreas de produção de todo o país, devido à exploração racional de pequenas áreas e à garantia de colheita, o que permite obtenção de produções elevadas e de melhor qualidade (QUEIROZ et al., 2004).

Embora o cultivo em ambiente protegido seja de grande importância para olericultura brasileira, ainda são insuficientes os resultados de pesquisa que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do país, especialmente no que tange ao adequado manejo da irrigação. Em ambiente protegido a demanda hídrica das culturas é em média menor que a verificada externamente, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos (BANDEIRA et al., 2011).

O manejo da irrigação, que inclui determinar a lâmina ideal e o momento exato de aplicação, proporciona maior eficiência no uso da água (EUA), sustentabilidade produtiva e hídrica, minimiza o consumo de energia, mantém as condições ideais de umidade do solo e a fitossanidade das plantas. Sob condições de ambiente protegido, o manejo de irrigação pode ser baseado em fatores do solo, do clima e da planta (MANTOVANI et al., 2007).

O emprego isolado sensores de umidade do solo para o manejo de irrigação, é uma alternativa viável para aumentar EUA. Dentre os diversos equipamentos, destacam-se os tensiômetros e sensores eletrônicos, devido sua precisão e eficiência em quantificar a lâmina de irrigação, no entanto a instalação e calibração requerem o conhecimento técnico (SHARMA et al., 2017; DUKES et al., 2010).

Para realizar o manejo de irrigação em ambiente protegido com base na estimativa da evapotranspiração de referência, o minilímetro de pesagem destaca-se por ser um método direto, ter baixo custo e sua precisão (VILELA et al., 2015). No entanto, os produtores consideram inviável o comprometimento de uma área produtiva de aproximadamente 10 m<sup>2</sup> para a instalação de equipamentos (BANDEIRA et al., 2011). Dessa forma, o evaporímetro de Piché surgiu como alternativa eficiente para quantificar indiretamente a demanda evaporativa do ambiente, devido o baixo custo, fácil manuseio e ocupar pequeno espaço (PIVETTA et al., 2011).

Os métodos mais utilizados são aqueles baseados nas características atmosféricas, em virtude de serem obtidos com maior rapidez e facilidade, no entanto, estes métodos apresentam menor eficiência quando comparados ao manejo via solo. Por outro lado, o manejo via solo tem menor aceitação pelos irrigantes, por serem mais minuciosos e trabalhosos (SOARES et al., 2010).

Com isso, os órgãos gerenciadores dos recursos hídricos e pesquisadores de diversas áreas do conhecimento científico vêm buscando elevar a eficiência da irrigação por meio de pesquisas que tenham o objetivo de avaliar as técnicas que determinam qual a lâmina de água a ser aplicada via irrigação.

Diante do exposto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes técnicas para determinar a lâmina de água (lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, tensiômetro e sensor de umidade do solo EC-5) sob duas frequências de aplicação, em ambiente protegido para a cultura do pimentão. Para atingir o objetivo geral foram relacionados os seguintes objetivos específicos:

- Determinar a metodologia que permita a maior eficiência do volume de água aplicada;
- Determinar o manejo de irrigação que proporciona o melhor crescimento e desenvolvimento das plantas de pimentão;
- Avaliar os parâmetros produtivos e qualitativos dos frutos do pimentão sob diferentes métodos de determinação da lâmina de irrigação;
- Determinar a influência da frequência da aplicação de água sobre o crescimento da cultura do pimentão;
- Determinar a demanda hídrica da cultura do pimentão sob diferentes técnicas de determinação da lâmina de irrigação.

## 1.2. Referências bibliográficas

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Juazeiro, v. 29, n. 2, p. 237-241, 2011.

DUKES, M. D.; ZOTARELLI, L.; MORGAN, K. T. Use of Irrigation Technologies for Vegetable Crops in Florida. **HortTechnology**, Alexandria, v. 20, n.1, p. 133-142, 2010.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. Ed., Editora UFV. Viçosa. 358 p. 2007.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MESQUITA, J. C. P. **Determinação de heterose e da capacidade geral e específica de combinação para dez características agrônômicas em pimentão (*Capsicum annum*)**. 2008. 73p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.

PIMENTA, S. **Interação híbridos de pimentão (*Capsicum annum* L.) por sistemas de cultivo**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2012.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; TAZZO, I. F.; MALDANER, I. C.; DALBIANCO, L.; STRECK, N. A.; MACHADO, R. M. A. Evapotranspiração máxima do tomateiro sob estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.707-714, 2011.

QUEIROZ, S. O. P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; Avaliação de equipamentos para a determinação da condutividade elétrica do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 279-287, 2004.

SHARMA, H.; SHUKLA, M. K.; BOSLAND, P. W.; STEINER, R. Soil moisture sensor calibration, actual evapotranspiration, and crop coefficients for drip irrigated greenhouse chile peppers. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.179, p. 81–91, 2017.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, C. J.; VIVAN, G. A.; Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n.1, p 36-50, 2010.

VILELA, M. da S.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; AMARAL, A. M.; VELLAME, L. M.; SOARES, F. A. L. Acurácia de um mini-lisímetro de pesagem eletrônica de baixo custo. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 158-167, 2015.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Taxonomia e botânica da cultura do pimentão

O pimentão pertence à família Solanaceae, gênero *Capsicum*, espécie *annuum*. É uma planta dicotiledônea com a seguinte classificação botânica: Divisão: Spermatophyta; Subdivisão: Angiospermas; Subclasse: Malvales-Tubiflorae; Ordem: Solanales. Seu nome botânico, *Capsicum*, surgiu das palavras gregas *kapso*, *kaptein* que têm como significado morder, devorar ou, ainda, *kapsakes* que significa saco, cápsula (MESQUITA, 2008; MARTINS, 2012).

O pimentão, *Capsicum annum* é originário da América do Sul e América Central, especificamente do México e da Guatemala. Atualmente encontra-se difundido por todos os continentes e apresenta ampla variedade genética. Deste modo, é cultivado em regiões tropicais e temperadas (MAROUELLI e SILVA, 2012).

Segundo Filgueira (2008), o pimentão é uma planta de porte arbustivo, com o caule semilenhoso, é pode ultrapassar 100 cm de altura. O sistema radicular é pivotante, com profundidade máxima de 120 cm e com elevado número de ramificações laterais. As folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis.

As flores de pimentão são pequenas, isoladas e hermafroditas, as quais são compostas por cinco anteras e um estigma. A abertura da flor ocorre com maior frequência nas três primeiras horas do dia, permanecendo abertas, em média 24 horas. A receptividade do estigma pode ocorrer desde a fase de botão, na véspera da antese, até duas a três horas após a abertura (CASALI e SOUZA, 1984). Trata-se de uma planta autógama, no entanto a ação de insetos polinizadores proporciona o aumento da taxa de cruzamento (MARTINS, 2012).

O fruto do pimentão é uma baga oca de formato quadrado, cônico, achatado, em forma de sino e o comprimento dos frutos tem a variabilidade de 1 a 30 cm. Apresenta coloração verde ou vermelha, amarela e outras cores

quando maduros. Os híbridos apresentam cores variando do marfim a púrpura, passando pelo creme, amarelo e laranja (FONTES, 2005).

As vantagens de utilizar cultivares híbridos em pimentões estão relacionadas à maior uniformidade e vigor da planta, homeostase, maturação precoce, resistência a patógenos, aumento da qualidade e rendimento, proporcionando retorno dos investimentos (MALUF et al., 2001). Os cultivares híbridos de grande importância em Pernambuco são: Margatira, Paloma, Rúbia, Escarlata, Magali R, Impacto, Enterprise, Máximos, Hebron, Solario, Aquarium, Bruno F1, Skalira e H. AF 2086 (PIMENTA, 2012).

A cultivar híbrida Rúbia R. apresenta características agronômicas satisfatórias, como maior resistência a pragas e doenças, vigor de planta, frutos com peso máximo de 280 g, com as paredes grossas e lisas. A produtividade varia de 40 a 60 ton ha<sup>-1</sup>, e com a introdução de novos híbridos tende a elevar-se, além de produtividades mais elevadas em casa de vegetação (FILGUEIRA, 2008). No entanto, Marouelli e Silva (2012) afirmam que a produção do pimentão pode superar 200 ton ha<sup>-1</sup> com o uso de cultivares híbridas com auxílio da fertirrigação.

## 2.2. Estádios Fenológicos

O ciclo da cultura desde a semeadura até o início da colheita de frutos verdes é de aproximadamente 110 dias. A colheita prolonga-se por três a seis meses, dependendo do estado fitossanitário e nutricional das plantas. O pimentão prefere solos bem arejados, profundos, com boa drenagem dado que é uma planta sensível à asfixia radicular (MAROUELLI e SILVA, 2012).

A planta é de origem tropical, termófila, sendo o intervalo ideal de temperatura para o seu desenvolvimento entre 16°C e 28°C. Quando cultivada em campo a temperatura para o desenvolvimento vegetativo das plantas está entre 25°C e 27°C durante o dia e 20°C e 21°C durante a noite (FONTES 2005). Para o cultivo protegido, recomenda-se temperatura noturna de 20 °C e diurna entre 27°C e 30°C (ZATARIM et al., 2005).

Durante o florescimento as plantas são mais sensíveis ao déficit hídrico, reduzindo a formação e o desenvolvimento dos frutos, além disso, causa redução no pegamento dos frutos. Enquanto a falta de água durante o início de frutificação pode favorecer o surgimento de frutos com podridão apical

(MAROUELLI e SILVA, 2012). A temperatura ideal para floração e frutificação situa-se entre 20 e 25°C, temperaturas superiores a 35°C comprometem a floração e a frutificação provocando o aborto e a queda das flores, sobretudo se o ambiente é seco e pouco luminoso.

### **2.3. Demanda hídrica do pimentão**

Na produção de pimentão realizada em campo, especialmente durante a estação seca, ou em casas de vegetação a irrigação é uma prática fundamental. Para garantir a eficiência da atividade é necessário para quantificar o volume de água necessário durante o seu ciclo de desenvolvimento. A demanda hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento (DOORENBOS e KASSAM, 2000).

O uso da água pelas plantas e todos os processos fisiológicos estão diretamente relacionados ao seu status no sistema solo-água-plantas-clima, sendo assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores são fundamentais para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação para se obter máxima produção e boa qualidade do produto (TRANI e CARRIJO, 2004).

### **2.4. Importância econômica no Brasil e em Pernambuco**

Trata-se de uma cultura de alto valor econômico, gerando em torno de 3.000 ha de área cultivada no Brasil, dos quais 1.000 ha são encontrados em cultivo protegido, além disso, o mercado de sementes de pimentão no Brasil é estimado em US\$ 3 milhões ano<sup>-1</sup> (BLAT et al., 2007).

Em 2010 foram produzidas 249 mil toneladas de pimentão em 28 mil estabelecimentos rurais, distribuídas da seguinte forma: regiões Sudeste com 44%, Nordeste com 31%, Sul com 15% e Norte 1% (IBGE, 2010). Os frutos são comercializados verde ou maduros no entanto, o consumo de frutos verdes é maior, em torno de 80% frutos comercializados (PIMENTA, 2012).

Os principais estados produtores de pimentão no Brasil são Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco (87% do total) (CEPEA, 2017). Os principais municípios fornecedores de pimentão à

Central de Abastecimentos (CEASA-PE) de Recife são: Camocim de São Félix, Bezerros, Gravatá, São Joaquim do Monte, Chã Grande, Sairé, João Alfredo, Brejo da Madre de Deus e Ibimirim (PE); Boqueirão, Lagoa Seca e Alhandra (PB) (CEASA-PE, 2012).

No Brasil, principalmente na Região Nordeste, a cultura do pimentão é amplamente explorada por pequenos e médios horticultores devido ao retorno rápido dos investimentos quando comparado a outras culturas locais (MARCUSSI e BÔAS, 2003). No Estado de Pernambuco, o pimentão é tradicionalmente cultivado na mesorregião do Agreste, a qual possui um acesso limitado às tecnologias modernas, e conseqüentemente, a produção não atende a demanda do mercado interno (MESQUITA, 2008).

Sendo assim, a mesorregião da Zona da mata surge como uma alternativa de cultivo para expansão da fronteira agrícola, pois possui características edafoclimáticas ideais para o cultivo do pimentão durante todo o ano, no entanto a região não explora o potencial produtivo da cultura (ALVES, 2006).

As preferências do mercado consumidor é que determinam as características dos pimentões a serem produzidos. As regiões Norte e Nordeste consomem pimentões pequenos, com isso se produz os pimentões curtos ou “block” (MALDONADO, 2001).

Na medida em que o cultivo do pimentão ganha importância no Estado de Pernambuco, uma das principais limitações à expansão de áreas agrícolas é a disponibilidade de recursos hídricos de qualidade para irrigação. Portanto, torna-se fundamental uma estratégia no gerenciamento da irrigação para reduzir o consumo de água, buscando satisfazer as necessidades hídricas da cultura e evitar o desperdício de água.

## **2.5. Manejo de irrigação no cultivo protegido de olerícolas**

Os fenômenos climáticos como, altas temperaturas, excesso de chuvas ou secas, granizo e geadas são preocupações constantes do produtor. As intempéries climáticas prejudicam a qualidade e o rendimento da produção, reduzindo a rentabilidade do negócio (PURQUERIO e TIVELLI, 2006; GOMES et al., 2006). Diante dessa adversidade, o cultivo em ambiente protegido é considerado uma alternativa eficiente, pois é uma técnica que possibilita certo

controle de variáveis climáticas como temperatura, umidade do ar, radiação solar e vento (MAROUELLI e SILVA, 2012).

O controle das variáveis agrometeorológicas traduz em maior eficiência produtiva, além do que o cultivo protegido proporciona menor severidade da grande maioria das doenças da parte aérea; prolongamento do período de colheita; produtividade; melhor qualidade de fruto; e oferta de produto durante todo o ano e em condições de melhores preços (FILGUEIRA, 2008).

As principais desvantagens são o alto investimento inicial, o elevado custo de produção e a maior ocorrência de ácaros e de oídio (*Oidiopsis taurica*). Além disso, este sistema de cultivo envolve áreas de conhecimento amplas para que o manejo das plantas seja bem feito, necessitando de mais conhecimento técnico para ser realizada com sucesso (MAROUELLI e SILVA, 2012).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido está em contínua expansão no Brasil (ANDRADE et al., 2011). Apesar da importância do cultivo em ambiente protegido para a olericultura brasileira, ainda são insuficientes os resultados de pesquisa que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do país, especialmente no que tange ao adequado manejo da irrigação (BANDEIRA et al., 2011).

Em virtude deste fato, nota-se a necessidade de determinar parâmetros adequados para a irrigação dos cultivos nesses ambientes e, concomitantemente, evitar o excesso de água no solo para não criar condições favoráveis ao aparecimento de doenças, como é o caso da podridão do colo, especialmente no caso do pimentão, que exige em torno de 80% de água útil no solo ao longo do ciclo (FILGUEIRA, 2008).

A eficiência de um projeto de irrigação é dependente do dimensionamento correto e do manejo preciso. O planejamento correto de quando e quanto irrigar eleva a eficiência no uso da água, minimiza o consumo de energia, mantém as condições ideais de umidade do solo e garante a fitossanidade das plantas (MANTOVANI et al., 2007).

Os três meios utilizados para controlar ou quantificar a irrigação são: monitoramento das condições climáticas ou atmosféricas, da umidade do solo e da água nas plantas. Há várias metodologias que podem ser adotadas como critérios para realizar o manejo de irrigação, no entanto não há um consenso

de qual técnica apresenta maior exatidão em determinar o momento de irrigar e o volume de água a ser aplicado (MANTOVANI et al., 2007).

## **2.6. Determinação da lâmina de irrigação via clima**

O termo “Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)” foi utilizado por Thornthwaite no início da década de 40 do século passado, para expressar a soma dos componentes de evaporação da água do solo e da transpiração pelas plantas. Essa definição é de suma importância, pois estabelece o consumo de água pelas plantas e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser distribuída no sistema (BERNARDO et al., 2006). A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) representa os processos de perda de água do solo e da planta para a atmosfera, por este motivo torna-se um parâmetro fundamental para dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação (FERNANDES et al., 2011).

O conceito de ET<sub>o</sub> é definido pela FAO (1997) como a evapotranspiração de uma cultura hipotética, de porte baixo (12 cm), com refletividade (albedo) de 0,23 e uma resistência de superfície de 70 sm<sup>-1</sup>, crescendo ativamente, cobrindo completamente o solo e sem sofrer estresse hídrico. No entanto, a ET<sub>o</sub> é um parâmetro que pode ser determinado de diversas formas, porém a equação de Penman-Monteith (PM) – FAO foi estabelecida como método padrão (ALLEN et al., 1998).

O consumo de água envolvido no processo de ET<sub>o</sub> é influenciado por diversos fatores: índice de área foliar, quantidade de água prontamente disponível no solo e a atuação associada dos elementos meteorológicos: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (MEDEIROS, 2002).

A ET<sub>o</sub> pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, sendo um dos métodos diretos os lisímetros de pesagem e de drenagem (BERGAMEMASCHI et al., 2004). Já os métodos indiretos são constituídos por variáveis meteorológicas, as quais são dados de entrada para aplicação de equações matemáticas que representam a estimativa da ET<sub>o</sub> (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

A seleção do método mais apropriado para manejo de irrigação é função da disponibilidade de dados meteorológicos, do nível de precisão

exigido, da finalidade – se o manejo da irrigação é em nível de propriedade agrícola ou pesquisa – e do custo de aquisição dos equipamentos (OLIVEIRA et al., 2011).

De acordo com Campeche et al. (2011), a ETo pode ser determinada por diferentes métodos, no entanto métodos que utilizam o balanço de água no solo de forma direta têm se intensificado nos últimos anos. A eficiência destes métodos está em função do monitoramento do armazenamento e balanço hídrico na base de volume, durante um determinado período de tempo.

### **2.6.1. Minilísímetro de Pesagem**

Dentre os métodos diretos para determinar a ETo, os lisímetros são os mais utilizados e precisos, os quais são constituídos por recipientes preenchidos com solo com a superfície coberta por vegetação e localizado em ambiente específico para determinar a evaporação ou evapotranspiração por meio da variação do balanço de massa ou volume de água (CAMPECHE et al., 2011).

O lisímetro de pesagem é considerado por diversos autores (VILELA et al., 2015; CAMPECHE et al., 2011; TYAGI et al., 2000) o equipamento de maior precisão para determinar a ETo e a evapotranspiração das culturas. Para o manejo de irrigação em ambiente protegido, o minilísímetros de pesagem destacam-se pelo baixo custo, por ocupar pequena área e a precisão em determinar a evapotranspiração em casa de vegetação. No entanto, necessita de calibrações periódicas a fim de compensar os erros sistemáticos que se acentuam ao longo do tempo de operação (VILELA et al., 2015).

### **2.6.2. Evaporímetro de Piché**

O evaporímetro de Piché (Pi) é um instrumento composto por um tubo de vidro com 15 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento, fechado em uma das extremidades, com escala de 300 divisões que representa um décimo de milímetro de altura de água evaporada, com um papel filtro de disco com 3 cm de diâmetro. O tubo é preenchido com água destilada, em seguida fechado com papel de filtro e preso com uma mola. A água entra em contato com o papel e o deixa umedecido, então é evaporada, baixando o nível de água

dentro do tubo. Medidas realizadas periodicamente permitem calcular evaporação de um determinado período (FERNANDES et al., 2011).

Em relação aos métodos indiretos utilizados para estimativa da ETo, o método do tanque classe “A” está bastante difundido para o monitoramento da irrigação. Porém seu custo é da ordem de R\$ 1.200,00, o que restringe o acesso aos pequenos produtores rurais (LIMA et al., 2011) e os produtores consideram inviável o comprometimento de uma área produtiva de 10 m<sup>2</sup> do ambiente protegido para instalação deste equipamento (BANDEIRA et al. 2011). Deste modo, o evaporímetro de Piché mostra-se como um equipamento que poderia substituir o tanque classe “A” (DUARTE et al., 2003).

### **2.6.3. Evapotranspiração de Cultura**

A evapotranspiração de cultura (ETc) pode ser calculada por meio do produto da ETo e do coeficiente de cultivo (Kc). O Kc é determinado empiricamente e está em função do tipo de cultura, do estágio de desenvolvimento, do clima e das práticas adotadas. De acordo com Pereira et al. (2002), a ETc é a quantidade de água utilizada por uma cultura em qualquer fase do seu desenvolvimento. O uso desse coeficiente associado à estimativa da ETo, destaca-se como uma das principais metodologias para determinação das necessidades hídricas das plantas, sendo fundamental para o manejo racional da irrigação (MENDONÇA, 2007).

A ETc se diferencia da ETo devido às características da cultura, por esse motivo o Kc tem a função de incorporar à ETo os efeitos de três características da cultura, são elas: i) a altura da cultura que influencia a rugosidade e a resistência aerodinâmica; ii) a resistência de superfície relativa ao binômio solo-planta, que é afetada pela área foliar, pela fração de cobertura do solo com vegetação, pela idade e condições das folhas, e pela umidade no perfil do solo, e iii) pelo albedo da superfície da cultura-solo, que é influenciado pela fração de cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de água na superfície do solo, que influencia o saldo de radiação disponível à superfície, o qual é a principal fonte de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evapotranspiração (ALVES, 2013).

## **2.7. Determinação da lâmina de irrigação via solo**

### **2.7.1. Tensiômetro**

O Tensiômetro desenvolvido por Gardner em 1922 determina o potencial matricial do solo que é decorrente das forças capilares e de adsorção que expressa a correlação entre a água e as partículas do solo (AZEVEDO e SILVA, 1999). Determinar a relação entre o potencial matricial e da umidade do solo é fundamental para eficiência do manejo de irrigação com tensiômetro.

O tensiômetro é um instrumento composto por um tubo, com duas extremidades, uma acoplada a uma cápsula porosa e na outra extremidade um sensor de tensão. O funcionamento do tensiômetro é em função do equilíbrio entre a água no seu interior e adjacentes a cápsula porosa (COELHO, 2003). Com a redução da umidade do solo, a água sai do interior do tensiômetro, por meio da cápsula porosa, até o momento em que ocorre equilíbrio entre as partes internas e externas da cápsula. O sensor de tensão acoplado na parte superior do aparelho, que é hermeticamente fechada, mensura a pressão no interior do tensiômetro, a qual é referente à redução umidade do solo.

O manejo correto das irrigações utilizando o tensiômetro reduz entre 25% a 40% da lâmina de água aplicada em relação a manejos ineficientes (AZEVEDO e SILVA, 1999). A eficiência do tensiômetro é devida ao controle do volume de água existente no solo, permitindo identificar o momento em que as raízes de uma cultura estão sob estresse hídrico e reduzir as perdas por lixiviações. No entanto, caso não sejam adequadamente instalados e mantidos, costumam apresentar problemas de funcionamento (DUKES et al., 2010).

### **2.7.2. Sensor de Umidade do Solo ECH<sub>2</sub>O**

O sensor ECH<sub>2</sub>O Decagon Devices Inc. é um instrumento que mede indiretamente a umidade do solo, correlacionando o teor de água no solo com as propriedades dielétricas do meio solo-água-ar. O sensor é constituído por duas hastes (guia de ondas) conectadas a uma placa de circuito impresso, atuando como “multivibrador biestável”, cuja frequência de oscilação está em função da constante dielétrica do solo (YODER et al., 1998; TRINTINALHA et al., 2004).

De acordo com Miranda et al. (2007), os sensores eletrônicos têm-se destacado nos últimos anos pela sua operacionalidade e precisão para estimar a umidade do solo. No entanto, esses equipamentos requerem calibração para realizar o manejo de irrigação de forma eficiente em função dos atributos químicos e físicos do solo, pois a não interpretação das características do solo ocasionará em erros em determinar o teor de água no solo (MARQUES, 2013).

## 2.8. Frequência de irrigação

A EUA refere-se à relação da acumulação de biomassa ou produção com o volume de água aplicada ou evapotranspirada durante o ciclo da cultura. Dentre as estratégias adotadas para aumentar a eficiência do uso da água em agricultura irrigada, a irrigação por gotejamento realizada com alta frequência e em baixo volume de água tem-se mostrado promissora (SOUSA et al., 2000).

A aplicação da água com maior frequência de aplicação e em menores lâminas de irrigação viabiliza a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura e com isso, reduz as perdas de água por drenagem e o períodos de estresse hídrico da cultura, aumentando assim a EUA (EID et al., 2013). Giulivo e Pitacco (1993) afirmam que a frequência de irrigação também influencia nas características morfológicas e fisiológicas do pimentão.

Caixeta et al. (1981) pesquisaram o efeito da aplicação de três lâminas diárias de água (2, 4 e 6 mm dia<sup>-1</sup>) e três turnos de rega (1, 2 e 3 dias) em pimentão irrigado por gotejamento e verificaram que a produção e o número total de frutos normais aumentou com a redução do turno de rega.

De acordo com Rebouças Neto et al. (2017), Liu et al. (2012), Pires et al. (2009), quando a irrigação é realizada com maiores frequências de aplicação e com menores volumes de água favorece o aumento da produtividade, e proporciona a maximização da eficiência do uso da água (EUA) pelas culturas.

## 2.9. Referências bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p. **Irrigation and Drainage Paper**, 56.

ALVES, A da S. **Necessidades hídricas da cultura do milho sob irrigação suplementar nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi**. 69p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem. Área de concentração em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2013.

ALVES, L. P. **Crescimento e produção de pimentão, tipo páprica, sob diferentes níveis de adubação de nitrogênio e fósforo**. 2006. 56p. Dissertação (Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA. 2006.

ANDRADE, J. W. S.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUSA, M. A.; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, 2011.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle de irrigação. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. Embrapa Cerrados. (Circular Técnica, 001).

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Juazeiro, v. 29, n. 2, p. 237-241, 2011.

BERGAMEMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; MENEGASSI, B.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F. E HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, 2004.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 611 p, 2006.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**. Vitória da Conquista, v.25, n.3, 350-354, 2007.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANJOS, R. J.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.4, p.380–390, 2012.

CAIXETA, J. T.; BERNARDO, S; CASALI, V. W. D; OLIVEIRA, L. M. Efeito da lâmina de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão. I - Produção de frutos maduros. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 28, n.155, p. 40-51, 1981.

CAMPECHE, L. F. M. de S.; AGUIAR NETTO, A. O.; SOUSA, I. F.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, V. de P. R.; AZEVEDO, P. V. Lisímetro de pesagem de grande porte; Parte I: Desenvolvimento e calibração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.519–525, 2011.

CASALI, V. W. D.; SOUZA, R. J. **Cultivares de pimentão e pimenta**. Informe Agropecuária, v. 10, n.113, p.14-8, 1984.

CEASA-PE. Calendário de comercialização. Recife: Central de Abastecimento Alimentar de Pernambuco, 2012. Disponível em: <[http://www.ceasape.org.br/calendario\\_pdf/PRINCIPAIS\\_MUNICIPIOS\\_FORN\\_ECEDORES\\_2012.pdf](http://www.ceasape.org.br/calendario_pdf/PRINCIPAIS_MUNICIPIOS_FORN_ECEDORES_2012.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2018

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP, Revista Hortifruti Brasil, v.16, n. 171, p.11, 2017.

COELHO, S. L. **Desenvolvimento de um tensiômetro eletrônico para o monitoramento do potencial da água no solo**. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. 2003.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2000, 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DUARTE, W. de O.; BARROS, D. de L.; ASSUNÇÃO, W. L. Comparação entre as leituras diárias do tanque Classe “A” e o evaporímetro de Piche, da Estação Climatológica de UFU. **Anais do II Simpósio Regional de Geografia, 2003, Uberlândia. Perspectivas para o cerrado no século XXI**. Universidade Federal de Uberlândia: Instituto de Geografia, 2003.

DUKES, M. D.; ZOTARELLI, L.; MORGAN, K. T. use of irrigation technologies for vegetable crops in Florida. **HortTechnology**, v. 20, n.1, p. 133-142, 2010.

EID, A. R.; BAKRY, B. A.; TAHA, M. H. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. **Agricultural Sciences**, v.4, n.5, p. 249-261, 2013.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.

GIULIVO, C.; PITACCO, A. Effect of water stress on canopy architecture of *Capsicum annuum* L. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 335, p. 197-203, 1993.

GOMES, A. R. M.; D'ÁVILA, J. H. T.; GONDIM, R. S.; BEZERRA, F. C.; BEZERRA, F. M. L. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinada* (Arist) cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.13-18, 2006.

IBGE/SIDRA. **Levantamento sistemático da produção agrícola 2010**. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> Acesso em 06 abri. 2017.

LIMA, A. D.; NOBRE, J. G. A.; VIANA, T. V. A.; MOREIRA, L. G.; AZEVEDO, B. M.; ALBUQUERQUE, A. H. P. Influência de níveis de irrigação, estimados a partir da evaporação medida no evaporímetro de piche, na cultura da mamoneira. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p.42-48, 2011.

LIU, H.; YANG, H.; ZHENG, J.; JIA, D. WANG, J. LI, Y. HUANG, G. Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.115, p. 232– 241, 2012.

MALDONADO, V. **Cultivar hortaliças e frutas**. 5. ed. Pelotas: Cultivar, 2001. Disponível em:<<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/o-cultivo-do-pimentao>>. Acesso em 06 mar. 2017.

MALUF, W. R.; NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. VALADARES, M. C. **Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças**. 2001., p. 650-671. Dissertação (Recursos genéticos e melhoramento: plantas) Rondonópolis: Fundação MT. 2001.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. Ed., Editora UFV. Viçosa. 358 p. 2007.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, L. C. W. Irrigação na cultura do pimentão. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 20p. Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 101.

MARQUES, M. A. D. **Lâminas e frequências de irrigação para a cultura do tomateiro tipo grape, em Casa Nova, BA**. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do vale de São Francisco, *Campus Juazeiro*, BA. 2013.

MARTINS, W. M. de O. **Compatibilidade e desempenho agronômico de pimentão enxertado em sistema orgânico nas condições climáticas de Rio Branco – Acre**. 2012, 61p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 2012.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 101p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2002.

MENDONÇA, J. C. **Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte Fluminense, RJ. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF**. 145 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 2007.

MESQUITA, J. C. P. **Determinação de heterose e da capacidade geral e específica de combinação para dez características agronômicas em pimentão (*Capsicum annuum*)**. 73p. Dissertação (Mestrado em

- Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.
- MIRANDA, F. R., SANTANA, M. G. S., SOUZA, C. C. M., OLIVEIRA, C. H. C. Calibração do sensor dielétrico ECH2O em dois tipos de solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.317-321, 2007.
- OLIVEIRA, E. M.; OLIVEIRA, R. A.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; DRUMOND, L. C. D. Análise do coeficiente e o desempenho do Irrigâmetro e a influência dos elementos do clima na estimativa da evapotranspiração. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n.4, p. 348-360, 2011.
- PEREIRA, A. R.; SANTIAGO, A. S.; MAGGIOTO, S. R.; FOLEGATTI, M. V. Problemas operacionais com lisímetro de pesagem durante a estação chuvosa e em dias secos com rajadas de vento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Serra Talhada, v.10, p.51-56, 2002.
- PIMENTA, S. **Interação híbridos de pimentão (*Capsicum annum* L.) por sistemas de cultivo**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2012.
- PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A.; MELO, A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.27, n.2, p. 228-234, 2009.
- PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. **Centro de Horticultura - Instituto Agrônomo de Campinas**, 2006.
- REBOUÇAS NETO, M. de O.; AZEVEDO, B. M. de; ARAÚJO, T. V. V. de; VASCONCELOS, D. V. de; FERNANDES, C. N. V. Irrigation frequency on economic performance and productivity of tomato in the coast of Ceará, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 971-979, 2017.
- SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de A.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.
- TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. 2004. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônomo. 2004. 53 p.
- TRINTINALHA, M. A.; GONÇALVES, A. C. G.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; FOLEGATTI, M. V., FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Comparação dos sistemas TDR e ECHO para medida de umidade, em um solo argiloso e em areia. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.3, p.353-360, 2004.
- TYAGI, N. K.; SHARMA, D. K.; LUTHRA, S. K. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower lysimeter. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.145, p.41-54, 2000.

VILELA, M. da S.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; AMARAL, A. M.; VELLAME, L. M.; SOARES, F. A. L. Acurácia de um mini-lisímetro de pesagem eletrônica de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 158-167, 2015.

YODER, R. E.; JOHNSON, D. L.; WILKERSON, J. B.; YODER, D. C. Soil water sensor performance. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.14, n.2, p.121-133, 1998.

ZATARIM, M.; CARDOSO, A. I. I.; FURTADO, E. L. Efeito de tipos de leite sobre oídio em abóbora plantadas a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2 p.198-201, 2005.

### **3. EFICIÊNCIA HÍDRICA NO CULTIVO PROTEGIDO DO PIMENTÃO COM LÂMINA DE IRRIGAÇÃO ESTIMADA POR DIFERENTES MÉTODOS**

#### **RESUMO**

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de comparar os resultados hídricos e produtivos de plantas de pimentão, em cultivo protegido, expostas aos diferentes métodos de determinação da lâmina de irrigação aplicadas em distintas frequências. O experimento foi conduzido no período de 31 de outubro de 2017 a 02 de fevereiro de 2018, em Recife-PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, altitude de 6,50 m), na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 2, com oito repetições. Os tratamentos consistiram na estimativa da lâmina de irrigação - via solo (sensor de umidade EC-5 (SU) e tensiômetro (TS)) e via clima (minilímetro de pesagem (LS) e evaporímetro de Piché (EP)) - aplicadas de forma contínua ou fracionada, via gotejo. A demanda hídrica da cultura foi estimada em função de dos diferentes métodos. O contraste comparou os tratamentos via solo (SU e TS) e via clima (LS e EP), e revelou efeitos não significativos na eficiência do uso da água para massa fresca (EUAf) e seca (EUAs) dos frutos. No entanto, as maiores produtividades comerciais e os maiores parâmetros biométricos dos frutos foram obtidos com os tratamentos via solo (SU e TS), que diferem dos tratamentos via clima (EP e LS). Também realizou o contraste comparando apenas as técnicas via solo (SU e TS) entre si, e se observou que os métodos diferem pelo teste de contraste em relação à EUAf e EUAs, sem diferir, no entanto, quanto a produtividade comercial. O teste de contraste comparando exclusivamente os métodos via demanda evaporativa (EP e LS) revelou que os métodos diferem quanto a EUAf, EUAs e parâmetros biométricos do frutos, porém não diferem em relação aos valores de produtividade comercial. O fracionamento da aplicação da água de irrigação proporcionou incremento na produtividade e na eficiência do uso da água em relação à aplicação integral.

Palavras-chave: lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, tensiômetro, sensor de umidade do solo EC-5

### **3. WATER USE EFFICIENCY OF CAPSICUM WITH AN IRRIGATION DEPTH ESTIMATED BY DIFFERENT METHODS IN THE GREENHOUSE**

#### **ABSTRACT**

The present study aiming to compare the water and productive results of capsicum in a greenhouse, with irrigation depth estimated by different methods and applied at different frequencies. The experiment was carried out from October 31, 2017 to February 2, 2018, in Recife-PE (8 ° 01 '07"S and 34 ° 56 '53"W, 6.50 m above sea level), at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). The experimental design was completely randomized, analyzed in a 4 x 2 factorial scheme, with eight replications. The treatments consisted in the estimation of the irrigation depth - by soil (EC-5 soil moisture sensor (SU) and tensiometer (TS)) and by climate (Lisimeter (LS) and Piché evaporimeter (EP)) applied at once or fractional (twice), via drip irrigation. The crop water demand was estimated according to different methods. The contrast compared the methods by soil (SU and TS) versus climate (LS and EP) treatments and showed no significant effects on the water use efficiency for fresh (EUAF) and dry mass (EUAs). However, the highest commercial yields and the highest biometric parameters of the fruits were obtained with treatments based on soil (SU and TS), which differ from the treatments based on climate (EP and LS). It also performed the contrast by comparing only those techniques based on soil (SU and TS) each other and it was observed that the methods differ by the contrast test related to EUAF and EUAs, nevertheless, it do not differ as to the commercial productivity. The contrast test comparing exclusively the methods by evaporative demand (EP and LS), realized that the methods differ by the contrast test for EUAF, EUAs and biometric parameters of the fruits, in spite of they not differ in relation to the values of commercial productivity. The fractioned irrigation provided an increase in the productivity and also an efficient water use in relation to the integral application.

Keywords: weighing lysimeter, Piché evaporimeter, tensiometer, soil moisture sensor EC-5

### 3.1. Introdução

O cultivo em ambiente protegido proporciona variações micrometeorológicas em relação ao ambiente externo, dessa forma modifica o balanço de energia do sistema solo-planta-atmosfera. As alterações nos elementos meteorológicos são decorrentes da redução da radiação solar e do vento, proporcionando variações na temperatura e umidade, os quais são condicionantes da evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2017; BANDEIRA et al., 2011).

A evapotranspiração é o processo de perda de água do solo e da planta para atmosfera, portanto, parâmetro de fundamental relevância para o dimensionamento e o manejo de sistema de irrigação. O manejo adequado da água na irrigação envolve determinar o momento exato e o volume de água a ser aplicado via irrigação em função das fases de desenvolvimento da cultura (CAMPOS et al., 2008). No cultivo em ambiente protegido, a irrigação é imprescindível, aliada a estratégia de manejo que proporcione condições ideais para o desenvolvimento e a produtividade das culturas (VILELA et al., 2015), resultando na maximização da eficiência do uso da água (EUA) pelas culturas.

O manejo da irrigação, seja em campo ou em ambiente protegido, pode basear-se em fatores do solo, do clima e da planta. Entre os métodos que utilizam os parâmetros climáticos para o controle da irrigação, existem os que estimam a evapotranspiração da cultura de modo direto e indireto. Dentre os métodos diretos destaca-se o minilímetro de pesagem pelo baixo custo e a precisão em determinar evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) ou de cultura para o ambiente protegido (VILELA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014; VELLAME et al., 2012; REIS et al., 2009).

Os métodos indiretos para determinar a ET<sub>o</sub> são compostos por dois grupos: modelos matemáticos e evaporímetros, em que o evaporímetro de Piché é uma alternativa eficiente para o manejo de irrigação, pois apresenta baixo custo, fácil manuseio e ocupa pequeno espaço (PIVETTA et al., 2010), em comparação ao comprometimento da área produtiva de 10 m<sup>2</sup> no ambiente protegido para instalação de equipamentos como o tanque Classe A (BANDEIRA et al., 2011).

Por outro lado, na determinação da lâmina de irrigação, com base no teor de água no solo, o uso de sensores elétricos apresenta boa precisão e

fácil manuseio, no entanto, além do elevado custo de aquisição, necessitam de calibração específica para cada tipo de solo (SHARMA et al., 2017). Os tensiômetros também estimam indiretamente a umidade do solo fundamentado na tensão de água no solo, e tem sido utilizado de modo satisfatório para controle da irrigação, no entanto, se faz necessário a obtenção da curva de retenção de água solo (CARVALHO et al., 2011).

Estudos mostram que o fracionamento da lâmina de irrigação proporciona elevação dos níveis de EUA, uma vez que o aumento da frequência de irrigação induz o incremento da produtividade, reduz entupimento dos gotejadores, mantém potencial de água no solo relativamente constante e supri as necessidades hídricas da cultura, sem falta ou desperdício (REBOUÇAS NETO et al., 2017; EID et al., 2013; LIU et al., 2012; PIRES et al., 2009; SEZEN et al., 2006, KOETZ et al., 2006).

A demanda hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento (DOORENBOS e KASSAM, 2000). Trata-se de uma cultura bastante suscetível às deficiências hídricas nos períodos do florescimento, da formação e do desenvolvimento dos frutos. Por outro lado, a aplicação de água em excesso favorece o apodrecimento do colo e raízes, e na fase da floração estimula o abortamento de flores (CARVALHO et al., 2011).

Como demonstrado, há várias estratégias que podem ser adotadas para realizar o manejo de irrigação, no entanto não há um consenso de qual técnica apresenta maior exatidão em determinar o momento de irrigar e o volume de água a ser aplicado. Desse modo, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o consumo hídrico do pimentão, a eficiência do uso água (EUA), produtividade comercial do pimentão sob diferentes estratégias para a estimativa da lâmina de irrigação - via solo (sensor de umidade EC-5 e tensiômetro) e via clima (minilímetro de pesagem e evaporímetro de Piché), aplicadas de forma contínua ou fracionada, via gotejo.

### **3.2. Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no período de 31 de outubro de 2017 a 02 de fevereiro de 2018, em Recife-PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, altitude de 6,50 m), na Universidade Federal Rural de

Pernambuco (UFRPE). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é tropical úmido (Ams'), com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.000 e 2.200mm. As temperaturas máxima, mínima e média no período do experimento foram de 34,17, 23,02 e 27,33°C, respectivamente, com umidade relativa média de 73%.

O solo utilizado é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso típico (MARQUES, 2014), o qual foi coletado na camada de 0-30 cm e posteriormente seco ao ar em ambiente ventilado, destorroado e peneirado em malha de 4,75 mm. As análises de caracterização física do solo (Tabela 1) foram determinadas de acordo com metodologia recomendada pela Embrapa (2011).

Tabela 1. Composição física do Latossolo Amarelo Distrocoeso típico

Granulometria						
Prof. <sup>(1)</sup> (cm)	Areia	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila	Relação silte/argila	Ds <sup>(2)</sup> g cm <sup>-3</sup>	Dp <sup>(3)</sup> g cm <sup>-3</sup>
0-14	511	151	338	0,44	1,38	2,64
14-30	412	118	470	0,25	1,49	2,72

<sup>(1)</sup>Profundidade; <sup>(2)</sup> Densidade do solo; <sup>(3)</sup> Densidade de partículas;

Para acondicionar o solo foram utilizados vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 10 litros. O sistema de drenagem dos vasos foi composto por uma camada de brita com 3,5 cm de espessura, o volume do recipiente ocupado com solo foi de 5,3 L, com massa 7,22 kg, mantendo a densidade média equivalente a de campo.

Com base na análise química do solo (Tabela 2), três dias antes do transplante, foram incorporados ao solo 30 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, conforme a recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) (CAVALCANTI, 2008). Na adubação de cobertura foram aplicadas doses equivalentes a 120 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, divididas em três parcelas iguais aos 25, 45 e 60 DAT, utilizando-se como fontes o nitrato de cálcio e o cloreto de potássio.

Tabela 2. Composição química do Latossolo Amarelo Distrocoeso típico

Prof. <sup>(1)</sup>	pH	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	P <sup>+</sup>
cm	KCl	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>				mg dm <sup>3</sup>	
0-14	6,1	2,7	1,2	1,7	0,1	2,8	6,21
14-30	5,2	1,0	0,7	1,2	0,6	3,4	8,45

<sup>(1)</sup> Profundidade

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 2, com oito repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram no uso de quatro técnicas de estimativa da lâmina de irrigação, as quais foram aplicadas em duas frequências de irrigação. Dois métodos foram por monitoramento climático: minilísimetro de pesagem (LS) e evaporímetro de Piché (PI); e os outros dois foram por monitoramento da umidade do solo: tensiômetro (TS) e sensor de umidade do solo EC-5 (SU). A irrigação foi realizada em duas configurações: F1 - aplicação integral às 8:00 horas e a outra - F2 - a aplicação da lâmina de irrigação foi parcelada, sendo metade aplicada às 8:00 horas e a outra metade às 16:30 horas.

A água utilizada para irrigação foi oriunda do poço de abastecimento do Departamento de Engenharia Agrícola – UFRPE, com condutividade elétrica média de 0,08 dS m<sup>-1</sup>. O sistema de irrigação foi composto por gotejadores do tipo autocompensante com vazão nominal de 2 L h<sup>-1</sup> (Netafim – modelo PCJ-CNL).

Para determinar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) direta, um minissistema de lisimetria foi instalado, composto por quatro vasos com o solo nas mesmas condições dos demais vasos cultivados com pimentão, no entanto estes foram cultivados com grama-batatais (*Paspalum notatum*), mantendo a altura de 12 cm e cobrindo completamente o solo, sem sofrer estresse hídrico.

Para determinar a ET<sub>o</sub> com evaporímetro de Piché (EP) foi utilizada a metodologia de Villa-Nova e Ometto (1981), que segundo Fernandes et al. (2011), tem a vantagem de dispensar medidas de velocidade do vento e o déficit de saturação, dado que este instrumento estima o poder evaporante do ar.

A evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) se diferencia da ET<sub>o</sub> devido às características da cultura, por esse motivo o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) tem a função de incorporar à ET<sub>o</sub> as características da cultura. A evapotranspiração

da cultura foi obtida pelo produto entre a ETo e o Kc proposto por Marouelli e Silva (2012) para o pimentão, sendo de 0,40, 0,70 e 1,05 para os períodos vegetativo, floração/frutificação e produção plena, respectivamente.

Para elevar a precisão das leituras via sensor de umidade EC-5, utilizou-se a equação de calibração deste sensor determinada por Silva (2016) para o Latossolo Amarelo Distrocoeso. O manejo de irrigação foi realizado com base na disponibilidade de água no solo, em função da umidade crítica estabelecida para o pimentão,  $0,20 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ , e as reposições de água foram realizadas para elevar a umidade à capacidade de campo ( $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Para manejo da irrigação com o tensiômetro, a curva de retenção de água no solo foi obtida utilizando-se valores médios de umidade em distintos potenciais mátricos (6, 9, 12, 15 e 20 kPa). Pesquisa realizada por Carvalho et al. (2016), com a cultura do pimentão em ambiente protegido, se estabeleceu que a tensão de água no solo crítica para essa cultura é de 15 kPa. E, portanto, esse valor foi adotado como parâmetro para iniciar a reposição de água, e restabelecer a umidade equivalente à capacidade de campo (6 kPa).

O método do minilísímetro de pesagem determina de forma direta o teor de água evaporado do sistema solo-planta, dessa forma a necessidade hídrica da cultura do pimentão obtida com a técnica de lisimetria foi considerada padrão no estudo, para a comparação demandas hídricas obtidas com os outros métodos.

As mudas do pimentão *Capsicum annuum* L cv. Rúbia foram transplantadas 30 dias após semeadura e o experimento foi conduzido do dia 31 de outubro de 2017 a 02 de fevereiro de 2018, com ciclo total de 125 dias. O controle de pragas e doenças foi realizado adotando-se manejo preventivo, com a aplicação de agrotóxicos recomendados para a cultura semanalmente.

Para obter maior qualidade dos frutos, a primeira flor, situada na primeira bifurcação, foi eliminada, esse procedimento também teve o objetivo de eliminar a frutificação precoce. Para as três primeiras colheitas, realizadas em 21/01, 28/01 e 06/02, analisaram-se o número de frutos por planta, o comprimento longitudinal e transversal dos frutos e o diâmetro dos frutos. Os frutos que não atenderam a classificação de CEAGESP (2010) foram considerados não comercializáveis, assim, após a seleção dos frutos foi

estimada a produtividade comercial de frutos frescos e secos do pimentão, em t ha<sup>-1</sup>.

O consumo hídrico das plantas de pimentão ao longo do ciclo sob diferentes lâminas de irrigação foi determinado, como também o teor de água no fruto. A eficiência no uso da água pela cultura do pimentão foi avaliada utilizando-se as seguintes metodologias: cálculo da eficiência do uso de água levando-se em consideração a produção de pimentões comerciais frescos (EUAf) e a eficiência do uso de água sobre produção de frutos comerciais secos (EUAs) em kg ha<sup>-1</sup>, ambas levando em consideração o volume de água aplicado com os diferentes manejos de irrigação, conforme Souza et al. (2011).

Os dados de eficiência no uso da água, variáveis biométricas dos frutos e a produtividade comercial dos frutos foram submetidos à análise de variância a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação: lâminas de irrigação e frequências de aplicação, utilizando o software SISVAR versão 5.1 (FERREIRA, 2011). Em seguida os dados significativos foram submetidos ao teste de contraste a 5% de probabilidade. O contraste C1 estabelece comparação entre os tratamentos via solo (tensiômetro e sensor de umidade do solo EC-5) *versus* via clima (minilímetro de pesagem e evaporímetro de Piché). O contraste C2 relaciona os métodos via demanda evaporativa entre si, ou seja, minilímetro de pesagem e o evaporímetro de Piché. E o contraste C3 foi estabelecido para comparar as técnicas via solo entre si, o tensiômetro e o sensor de umidade do solo EC-5.

### **3.3. Resultados e Discussão**

#### **3.3.1. Demanda hídrica do pimentão sob diferentes manejos de irrigação**

A demanda hídrica para a cultura do pimentão ao longo do ciclo de 95 dias após transplântio (DAT) em ambiente protegido, irrigada por gotejamento, sob diferentes métodos de controle da lâmina (lisímetro de pesagem (LS), evaporímetro de Piché (EP), sensor de umidade (SU) e tensiômetro (TS)) resultou em totais de lâminas aplicadas de 509,25, 677,75, 715,93 e 789,65 mm, respectivamente (Figura 1).

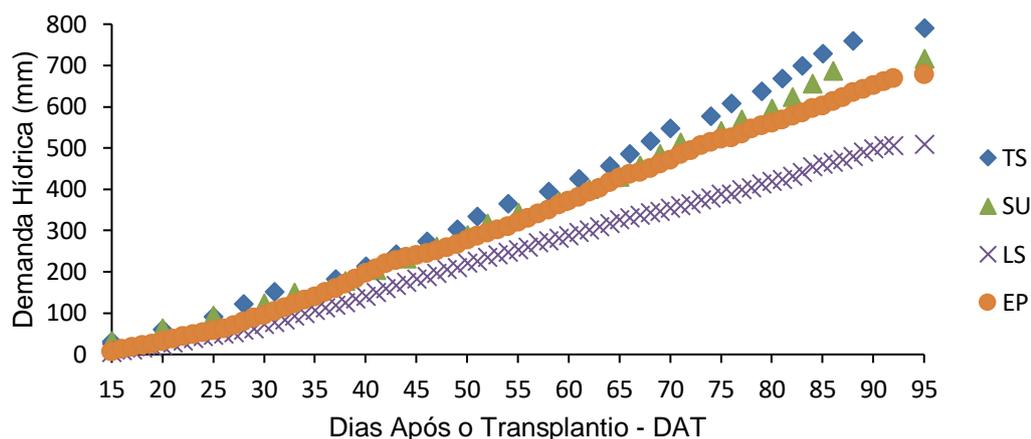


Figura 1. Demanda hídrica da cultura do pimentão sob diferentes estratégias de irrigação.

TS –Tensiômetro, SU – Sensor de Umidade, EP – Evaporímetro de Piché, LS – Lisímetro de pesagem

Aos 25 DAT que o consumo de água pelas plantas foi similar, demonstrando que as diferentes estratégias (TS, SU e EP) apresentaram comportamento semelhante ao método padrão LS (Figura 1). Esse resultado está associado, ao fato que esse período do experimento corresponde ao tempo em que as plantas estão no estágio inicial de crescimento, desse modo as demandas hídricas são menores.

Dos 30 aos 95 DAT, ocorreu a fase de florescimento e frutificação das plantas de pimentão, e observa-se que as plantas irrigadas com as técnicas viasolo (SU e TS) apresentaram demanda hídrica superior à irrigação baseada em necessidades máximas de água da cultura com LS. Em termos percentuais, o SU e TS superestimaram o método padrão (LS) em 39,08 e 56,77%, respectivamente (Figura 1).

Esse resultado é decorrente do controle de irrigação com base na capacidade de armazenamento de água no solo que proporcionou maiores lâminas de irrigação às plantas em relação ao LS. Desse modo, as plantas apresentaram maior crescimento da raiz e da área foliar, e induziu as plantas ao maior consumo de água. Kong et al. (2012) e Liu et al. (2012) observaram que a maior disponibilidade de água no solo, para a cultura do pimentão, promoveu o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, resultando num máximo consumo de água.

Em relação aos tratamentos por demanda evaporativa (EP e LS), verifica-se que a necessidade hídrica da cultura do pimentão estimada com

evaporímetro de piché, superestimou os resultados do sistema de lisimetria em 31,13% para as fases de florescimento e frutificação. Esse resultado pode ser atribuído ao fato do evaporímetro de Piché ser um instrumento que estima a demanda hídrica da cultura por meio do poder evaporante da água. Dessa forma o equipamento pode superestimar as demandas hídricas da planta em função da pequena área foliar transpirante não apresentar a mesma capacidade de evaporação da água (PIVETTA et al., 2010).

Estudos que analisaram a evapotranspiração máxima do pimentão e do tomateiro cultivados em ambiente protegido, também observaram que a lâmina estimada por meio do evaporímetro de Piché superestimou os resultados medidos com lisímetro de pesagem (PIVETTA et al., 2010; PIVETTA et al., 2011).

### 3.3.2. Eficiência do uso da água e teor de água nos frutos do pimentão sob diferentes lâminas e frequências de irrigação

Os efeitos individuais dos fatores lâminas e frequências de irrigação foram significativos a 1% de probabilidade para a variável eficiência do uso da água tanto para massa fresca (EUAF) e como massa seca (EUAs) dos frutos comerciais de pimentão. No entanto, a interação entre os fatores não proporcionou efeitos significativos nos valores nestas variáveis (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água na massa fresca (EUAF) e seca (EUAs) dos frutos comerciais de pimentão em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação.

FV	GL	SQ	QM (EUAF)	SQ	QM (EUAs)
Lâmina	3	1,93	0,64**	0,032	0,11**
Frequência	1	2,33	2,33**	0,039	0,04**
Lâmina x Frequência	3	0,10	0,03 <sup>ns</sup>	0,001	0,00 <sup>ns</sup>
Erro	56	5,48	0,09	0,09	0,001
Total corrigido	63	9,84			
CV(%)		22,15		24,01	
Média		1,41		0,16	

FV - Fonte de Variação, GL - Graus de Liberdade, SQ - Soma dos Quadrados. QM - Quadrado Médio. \*\* – Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> – Não significativo.

Ao se comparar as técnicas de demanda evaporativa (LS e EP) com as técnicas via solo (SU e TS), verifica-se que os valores médios de EUAF e EUAs

não diferem entre si ao teste contraste a 5% de probabilidade. Os valores médios de EUAf e EUAs obtidos com o métodos via solo foram de 1,44 e 0,16 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente, e os valores médios de EUAf e EUAs com o métodos via clima foram de 1,38 e 0,15 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 2).

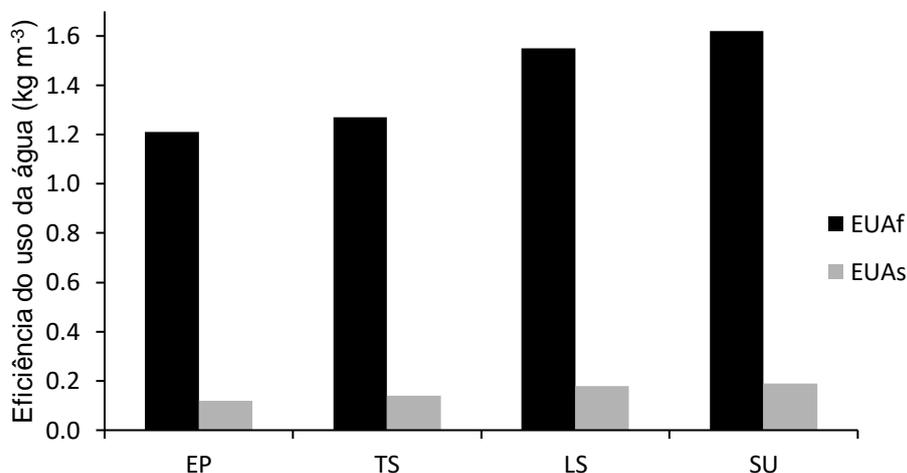


Figura 2. Eficiência do uso da água para as variáveis de massa fresca (EUAF) e massa seca (EUAs) dos frutos comerciais de pimentão em função de diferentes lâminas de irrigação.

EP – Evaporímetro de Piché, TS – Tensiômetro, LS – minilímetro de pesagem, SU – Sensor de Umidade.

Entre as técnicas adotadas para manejo da irrigação via solo, observa-se que o SU proporcionou incremento EUAf e EUAs de 26,77 e 26,31% comparando ao TS, os quais diferiram entre si ao teste contraste a 5% de probabilidade (Figura 2). Esse resultado é decorrente, provavelmente, da precisão e exatidão do sensor de umidade em estimar o teor de água do solo. De acordo com Pardossi et al. (2009), os sensores dielétricos são mais sensíveis e precisos para o gerenciamento de irrigação que os tensiômetros.

Os valores médios de EUAf e EUAs obtidos com o minilímetro de pesagem e o evaporímetro de Piché diferem estatisticamente pelo teste de contraste a 5% de probabilidade. Os valores médios de EUAf e EUAs estimados com a metodologia do LS foram 29,16 e 33,33% superior em relação ao manejo de irrigação com o EP, respectivamente (Figura 2). Esse fato relaciona-se à elevada precisão da minilímetria de pesagem em determinar a demanda evaporativa do sistema solo-planta no interior do ambiente protegido (VILELA et al., 2015).

Os valores médios de eficiência do uso da água para as variáveis de massa fresca (EUAf) e massa seca (EUAs) dos frutos comerciais de pimentão para a frequência integral (F1) e parcelada (F2) diferem estatisticamente pelo teste contraste a 5% de probabilidade. A F2 proporcionou um incremento para as EUAf e EUAs de 30,37 e 25%, respectivamente, em relação F1 (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência do uso de água dos frutos comerciais frescos de pimentão (EUAf) e secos (EUAs) sob irrigação integral ou parcelada.

Frequência	EUAf (kg m <sup>-3</sup> )	EUAs (kg m <sup>-3</sup> )
Integral (F1)	1,09	0,15
Parcelada (F2)	1,42	0,20

Corroborando nossos resultados, estudos apontam que o aumento da frequência de irrigação resulta em maiores valores de eficiência da água (SEZEN et al. 2006, KOETZ et al., 2006). Os autores atribuíram o aumento da EUA à frequência fracionada (F2) que proporcionou menores volumes de água aplicados por irrigação, desse modo proporcionou reduções das perdas por lixiviação e menores períodos em que as plantas passaram sob déficit hídrico, e contribuiu para aumento da eficiência do uso da água.

As lâminas e frequências de irrigação não resultaram em diferenças estatisticamente significativas a 5% de probabilidade para o teor de água nos frutos.

### **3.3.3. Produtividade comercial do pimentão sob diferentes lâminas e frequência de irrigação**

A análise de variância evidenciou reposta significativa do comprimento longitudinal (CLF) e transversal (CLF) e diâmetro dos frutos (DF) às diferentes estratégias de irrigação ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 5). Verifica-se também que o CTF e DF foram influenciados significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F pelas diferentes frequências de irrigação.

Tabela 5. Análise de variância para o comprimento longitudinal do fruto (CLF), comprimento transversal do fruto (CTF), diâmetro de fruto (DF) e número de frutos (NFr) em função das diferentes manejos e frequências de irrigação.

FV	GL	SQ (CLF)	QM (CLF)	SQ (CTF)	QM (CTF)	SQ (DF)	QM (DF)
Lâmina	3	2,61	0,87**	49,65	16,55**	5,03	1,67**
Frequência	1	0,38	0,38 <sup>ns</sup>	5,33	5,33*	0,54	0,54*
Lâmina x Frequência	3	0,51	0,17 <sup>ns</sup>	7,55	2,51 <sup>ns</sup>	0,76	0,25 <sup>ns</sup>
Erro	56	6,69	0,12	63,28	1,13	6,41	0,11
Total				125,8			
corrigido	63	6,45		1		12,76	
CV(%)		4,10		6,28		6,06	
Média		8,44		15,67		17,53	

FV - Fonte de Variação, GL - Graus de Liberdade, SQ - Soma dos Quadrados. QM - Quadrado Médio. \*\* – Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> – Não significativo.

Comparando os valores médios de CLF, CTF e DF pelo teste contraste, a 5% de probabilidade, observa-se que as técnicas de controle da irrigação via solo (SU e TS) proporcionaram os maiores valores desses parâmetros em relação aos tratamentos via clima, LS e EP (Tabela 6). Esse resultado é decorrente das técnicas via solo proporcionarem maiores lâminas de água para a cultura nas fases de florescimento e frutificação, dessa forma favorecendo o desenvolvimento dos frutos.

Tabela 6. Comprimento longitudinal do fruto (CLF), comprimento transversal do fruto (CTF), diâmetro de fruto (DF) e número de frutos por tratamento (NFr) em função do diferentes manejos de irrigação.

Tratamentos	CLF (cm)	CTF (cm)	DF (cm)	NFr
SU	8,67	18,74	5,70	57
TS	8,59	17,84	5,59	51
EP	8,46	17,79	5,57	48
LS	8,28	16,90	5,45	46

O teste de contraste ao comparar o manejo via solo, SU e TS para as variáveis CLF, CTF e DF não apontaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Esse resultado é decorrente das técnicas via solo SU e TS, estimarem lâminas de irrigação similares ao longo do experimento.

Comparando as técnicas de demanda evaporativa LS e EP, verifica-se que as variáveis CLF, CTF e DF diferem entre si pelo teste de contraste a 5% de probabilidade. É possível verificar que os maiores valores de diâmetro e comprimento de frutos foram registrados com o tratamento EP, que aplicou maior volume de água em relação LS. Estudos relatam que os maiores

comprimento e diâmetros dos frutos para cultivares do gênero *Capsicum* foram obtidos com as maiores lâminas de irrigação (DERMITAS e AYAS, 2009; SEZEN et al., 2015).

O manejo de irrigação via solo apresentou maiores NFr, sendo que o manejo do sensor de umidade (SU) proporcionou maior número de frutos (57 frutos), seguido do tensiômetro, com 51 frutos (Tabela 6). Carvalho et al. (2011) e Gadissa e Chemedda (2009) também observaram que diferentes lâminas de irrigação influenciam o número de frutos para a cultura do pimentão, e concluíram que, o maior número de frutos é obtido nos tratamentos com maiores volumes de água aplicados.

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 7), observa-se que a produtividade comercial frutos frescos (Prodf) foi influenciada significativamente a 1% de probabilidade pelo teste F pelos os fatores isolados lâminas e frequências de irrigação, no entanto a interação entre os fatores não ocasionou efeito significativo sob a produção. O teste F apontou influência significativa do fator isolado lâmina irrigação a 1% de probabilidade na produtividade comercial de frutos secos (Prods) (Tabela 7). No entanto, o teste contraste a 5% probabilidade não detectou diferenças significativas na comparação das técnicas via solo (SU e TS) com as técnicas via clima (LS e EP).

Tabela 7. Análise de variância para a produtividade comercial do pimentão cv. Rúbia (t ha<sup>-1</sup>) em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação.

F.V.	G.L.	S.Q. (Prodf)	Q.M. (Prodf)	S.Q. (Prods)	Q.M. (Prods)
Lâmina	4	667,43	166,86**	3,20	1,06**
Frequência	1	94,88	94,88**	0,08	0,08 <sup>ns</sup>
Lâmina <sup>x</sup> Frequência	4	27,71	5,68 <sup>ns</sup>	0,17	0,06 <sup>ns</sup>
Erro	70	256,41	3,66	13,26	
Total					
corrigido	79	1041,43		16,72	
CV(%)		23,49		24,02	
Média		8,15		1,01	

FV - Fonte de Variação, GL - Graus de Liberdade, SQ - Soma dos Quadrados. QM - Quadrado Médio. \*\* – Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> – Não significativo.

As produtividades comerciais obtidas com os tratamentos via solo, tensiômetro (TS) e sensor de umidade (SU) proporcionaram os maiores valores destes parâmetros, 10,09 e 11,55 t ha<sup>-1</sup>, (Figura 4) respectivamente, os quais

diferem estatisticamente dos tratamentos via clima (EP e LS) pelo teste de contraste, a 5% de probabilidade. De acordo com Liu et al. (2012) manter o teor de água do solo entre 60% e 80% da umidade equivalente à capacidade de campo favorece o rendimento máximo da pimentão.

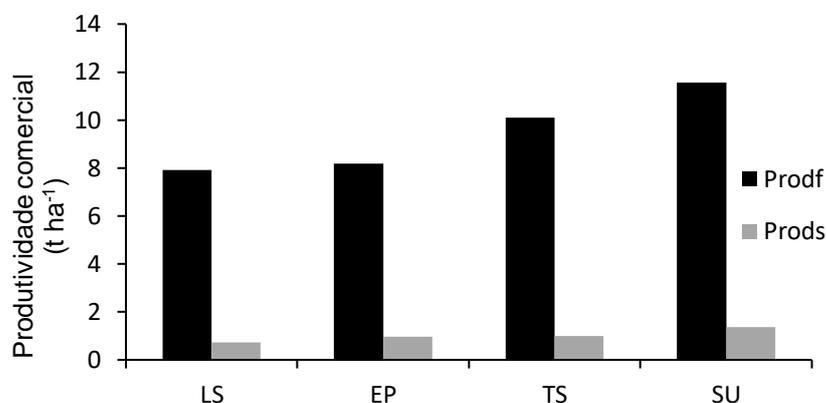


Figura 3. Produtividade comercial de frutos frescos e secos de pimentão em função das diferentes lâminas de irrigação.

TS – Tensiômetro, SU – Sensor de Umidade, EP – Evaporímetro de Piché, LS – Lisímetro de pesagem

Durante o estágio florescimento e frutificação as plantas irrigadas com base no manejo via solo (SU e TS) apresentaram maior área foliar devido maior lâmina de água aplicada no decorrer do ciclo da cultura, resultando em maior rendimento. De acordo Yang et al. (2018), as plantas de pimentão precisam de grandes quantidades de água para transpiração na fase de floração e crescimento dos frutos, no entanto, é fundamental manter a aeração no solo.

Em relação aos métodos de demanda evaporativa verifica-se que o método do evaporímetro de Piché (EP) e o sistema de lisimetria (LS) não diferiram estatisticamente pelo teste de contraste a 5% de probabilidade. Para os tratamentos EP e LS, os valores de produtividade comercial oscilaram entre 8,18 e 7,91 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores médios de produtividade comercial obtidos com os manejos via solo, observa-se que TS e SU também não diferem pelo teste contraste a 5% de probabilidade.

A produtividade comercial frutos frescos do pimentão foi influenciada significativamente pelo fracionamento de aplicação da lâmina de irrigação (Tabela 8) de acordo com o teste contraste a 5%. A frequência parcelada (F2) apresentou maior produtividade comercial média (9,24 t ha<sup>-1</sup>) promovendo um

incremento de 30,87% na produtividade comercial de frutos fresco sem relação a F1 (7,06t ha<sup>-1</sup>). No entanto, a produtividade de frutos secos não foi influenciada pela diferentes frequências de irrigação.

Tabela 8. Produtividade comercial de frutos frescos e secos do pimentão irrigado com aplicação integral e parcelada.

Frequência de irrigação	Produtividade frutos frescos (t ha <sup>-1</sup> )	Produtividade frutos secos (t ha <sup>-1</sup> )
Integral (F1)	7,06	0,97
Parcelada (F2)	9,24	1,05

Pires et al. (2009) e Rebouças Neto et al. (2017) também concluíram que irrigações mais frequentes proporcionaram aumento da produtividade do tomate em cultivo protegido. De acordo com Rebouças Neto et al. (2017), Liu et al. (2012) e Pires et al. (2009), quando a irrigação é realizada com maiores frequências de aplicação e com menores volumes de água, proporciona às plantas menor ou nenhum estresse hídrico no solo, com isso produção e qualidade dos frutos são maximizadas.

### 3.4. Conclusões

O manejo de irrigação via solo, sensor de umidade do solo EC-5 e tensiômetro proporcionaram as maiores lâminas de irrigação em relação aos métodos via clima.

Os maiores valores de eficiência do uso da água foram obtidos com o sistema de lisimetria e com sensor de umidade EC-5.

Os maiores comprimentos de frutos, diâmetros de frutos e produtividades comerciais da cultura do pimentão foram obtidas quando o manejo de irrigação foi baseado no solo, sendo tensiômetro ou no sensor de umidade EC-5.

A aplicação parcelada da lâmina de irrigação, em duas vezes ao dia, contribuiu significativamente para maior produtividade comercial e maior eficiência do uso da água.

Os resultados satisfatórios de eficiência do uso da água e produtividade obtidos com o manejo de irrigação via sensor de umidade do solo EC -5, mostrou-se adequado e confiável para as condições deste estudo.

### 3.5. Referências Bibliográficas

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Juazeiro, v. 29, n. 2, p. 237-241, 2011.

CAMPOS, J. H. B. da C.; SILVA, V. de P. R. da; AZEVEDO, P. V. de; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B. de; SILVA, B. B. da. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.150–156, 2008.

CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p. 569-573, 2011.

CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.23, n. 3, p. 236-245, 2016.

CAVALCANTI, F. J. de A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação**. Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, Recife, 2008.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Normas de classificação do pimentão para o Programa Brasileiro para melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros. Disponível em: <[http://www.alimentares.com/pimentas/\\_file/norma\\_pimentos.pdf](http://www.alimentares.com/pimentas/_file/norma_pimentos.pdf)>. Acesso em: 12 Abr. 2010.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. *Demre*) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agricultural and Environment**, Helsinki, v.7, p.989-1003, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H.; Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: Tradução Gheyi H.R. e outros, UFPB. 2000. FAO. 221p.

DUKES, M. D.; ZOTARELLI, L.; MORGAN, K. T. Use of Irrigation Technologies for Vegetable Crops in Florida. **HortTechnology**, v. 20, n.1, p. 133-142, 2010.

EID, A. R.; BAKRY, B. A.; TAHA, M. H. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. **Agricultural Sciences**, v.4, n.5, p. 249-261, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p., 2011.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piché para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.

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

GADISSA, T.; CHEMEDA, D. Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annum L.*) in Bako, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, p.1673-1678, 2009.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. da; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. de. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface-americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

KONG, Q.; LI, G.; WANG, Y.; HUO, H.; Bell pepper response to surface and subsurface drip irrigation under different fertigation levels. **Irrigation Science**, New York, n. 3, v. 30, p. 233-245, 2012.

LIU, H.; YANG, H.; ZHENG, J.; JIA, D. WANG, J. LI, Y. HUANG, G. Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.115, p. 232– 241, 2012.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, L. C. W. Irrigação na cultura do pimentão. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 20p. Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 101.

MARQUES, K. P. P. **Utilização de superfícies geomórficas no levantamento pedológico de uma microbacia do Rio Capibaribe**. 35p. Departamento de Ciências Geográficas (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. de A.; ALMEIDA, E. F. A.; REZENDE, F. C.; SANTOS, B. G.; MIMURA, S. N. Evapotranspiração da roseira cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.314–321, 2014.

OLIVEIRA, M. G. de; SANTIAGO, J. P.; LEITÃO, M. de M. V. B.; ROCHA, R. de C.; GONÇALVES, I. S.; SILVA, R. R.; Estimativa da evapotranspiração de referência para ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 21-30, 2017.

PARDOSSI, A.; INCROCCI, L.; INCROCCI, J.; MALORGIO, F.; BATISTA, P.; BACCI, L.; RAPI, B.; MARZIALETTI, P.; HEMMING, J.; BALENDONCK, J. Root zone sensors for irrigation management in intensive agriculture. **Sensors**, Basel, v. 9, n. 4, p. 2809-2835, 2009.

PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO A; MELO AMT. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.27, n.2, p. 228-234, 2009.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; TAZZO, I. F.; LUCAS, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.768–775, 2010.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; TAZZO, I. F.; MALDANER, I. C.; DALBIANCO, L.; STRECK, N. A.; MACHADO, R. M. A. Evapotranspiração máxima do tomateiro sob estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.707-714, 2011.

REBOUÇAS NETO, M. de O.; AZEVEDO, B. M. de; ARAÚJO, T. V. V. de; VASCONCELOS, D. V. de; FERNANDES, C. N. V. Irrigation frequency on economic performance and productivity of tomato in the coast of Ceará, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 971-979, 2017.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.3, p.289–296, 2009.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A. EKER, S. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 115-131, 2006.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; ŞENGÜL, H.; BAYTORUN, N.; DAŞGAN, Y.; AKYILDIZ, A.; TEKIN, S.; ONDER, D.; AĞÇAM, E.; AKHOUNDNEJAD, Y.; GÜGERCİN, Ö. Comparison of drip- and furrow-irrigated red pepper yield, yield components, quality and net profit generation. **Irrigation and Drainage**, v. 64, n. 4, p.546–556, 2015.

SHARMA, H.; SHUKLA, M. K.; BOSLAND, P. W.; STEINER, R. Soil moisture sensor calibration, actual evapotranspiration, and crop coefficients for drip irrigated greenhouse chile peppers. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.179, p. 81–91, 2017.

SILVA, D. M. de O. **Calibração de sensores dielétricos ECH2O para solos de referência na zona da mata de Pernambuco**. 2016. 50p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

SOUZA, A. D. de; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. U.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Lisímetro de pesagem e de lençol freático de nível constante para uso em ambiente protegido. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 153-159, 2012.

VILELA, M. da S.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; AMARAL, A. M.; VELLAME, L. M.; SOARES, F. A. L. Acurácia de um mini-lisímetro de pesagem eletrônica de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 158-167, 2015.

VILLA-NOVA, N. A.; OMETTO, J. C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. **Anais do Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos - SBRH**, Fortaleza. p. 281-299. 1981.

YANG, H.; LIU, H.; ZHENG, J.; HUANG, Q. Effects of regulated deficit irrigation on yield and water productivity of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in the arid environment of northwest China. **Irrigation Science**, v.36, p. 61-74, 2018.

#### **4. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PIMENTÃO SOB DIFERENTES LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO**

##### **RESUMO**

O cultivo protegido de pimentão vem alcançando posição de destaque no Brasil devido a permitir colheitas durante o ano todo. No entanto, o manejo adequado da irrigação é fundamental neste sistema de cultivo para reduzir a perda de nutrientes por lixiviação, diminuir o estresse hídrico das plantas, favorecer a maior produtividade e qualidade dos frutos, além disso, promover o uso racional da água. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento do pimentão cv. Rúbia R. em ambiente protegido com base nos parâmetros biométricos (altura da planta, diâmetro do caule e índice de área foliar), na biomassa fresca e seca da parte aérea e na produtividade total em função de diferentes estratégias de irrigação. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na cidade de Recife, estado de Pernambuco – Brasil. O delineamento fatorial inteiramente casualizado foi utilizado em esquema fatorial 5 x 2, referente a cinco técnicas para estimar a lâmina de irrigação (minilísímetro de pesagem, equação Hargreaves-Samani, evaporímetro de Piché, tensiômetro e sensor de umidade do solo EC-5) e duas frequências de aplicação, com oito repetições. Os resultados encontrados para as variáveis diâmetro do caule e índice de área foliar da planta foram influenciadas pelos diferentes controles de irrigação, enquanto a altura da planta não apresentou resultados significativos. Os parâmetros biométricos dos frutos (diâmetro e comprimento) foram significativos apenas para o tratamento com uso da equação de Hargreaves-Samani, no qual foram observados os menores valores. O manejo de irrigação via solo (sensor de umidade e tensiômetro) proporcionou os maiores incrementos nas variáveis de produtividade e peso médio dos frutos em relação às demais técnicas adotadas neste estudo, que são de demanda evaporativa.

Palavras-chave: lisímetro de pesagem, Hargreaves-Samani, evaporímetro de Piché, tensiômetro, sensor de umidade do solo EC-5

#### **4. GROWTH AND PRODUCTION OF CAPSICUM UNDER DIFFERENT IRRIGATION DEPTH AND FREQUENCY**

##### **ABSTRACT**

The use of greenhouse to grow capsicum has reached a prominent position in Brazil due to allow a year-round harvest. Moreover, appropriate irrigation management is essential in this cropping system to reduce of nutrient loss through leaching, decrease the crop water stress, led to higher yield and fruit quality, besides promote the rational use of water. Thus, the objective of this work was to evaluate the development of capsicum cv. Rúbia R. in a protected environment based on biometric parameters (plant height, stem diameter and leaf area index), in the fresh and dry aerial biomass and in the total productivity due to different irrigation strategies. The experiment was carried out at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) in the city of Recife, state of Pernambuco - Brazil. The completely randomized factorial design was used in a 5 x 2 factorial scheme, referring to five techniques to estimate the irrigation depth (weighing lysimeter, Hargreaves-Samani equation, Piché evaporimeter, tensiometer and soil moisture sensor EC-5) and two application frequencies with eight replications. The results showed that variables stem diameter and leaf area index were influenced by the different irrigation controls, while the height of the plant did not present significant results. The biometric parameters of the fruits (diameter and length) were significant only for the treatment based on Hargreaves-Samani equation, in which the lowest values were observed. The via soil irrigation management (soil moisture sensor and tensiometer) provided the largest increases in the variables of productivity and average fruit weight in relation to the other techniques adopted in this study, which are based on evaporative demand.

Keywords: weighing lysimeter, Hargreaves-Samani, Piché evaporimeter, tensiometer, soil moisture sensor EC-5

#### 4.1. Introdução

O pimentão é bastante suscetível às deficiências hídricas nos períodos do florescimento e da formação e desenvolvimento dos frutos. A falta de água durante a floração promove aborto dos frutos, enquanto que durante o início de frutificação pode favorecer o surgimento de frutos com podridão apical. Por outro lado, a aplicação de água em excesso favorece o apodrecimento do caule e raízes e estimula o abortamento de flores (MAROUELLI e SILVA, 2012; ROSELINO et al., 2010; CARVALHO et al., 2011). Assim, o controle da aplicação de água por meio da irrigação na cultura do pimentão é essencial para o aumento de produtividade e diminuição de riscos dos investimentos realizados.

A estratégia utilizada para determinar a lâmina a ser aplicada é um fator preponderante para o sucesso da atividade (SOARES et al., 2010). Portanto, a chave para o melhoramento do manejo da água na irrigação está na seleção da técnica para determinar o valor da lâmina, uma vez que se pode reduzir 25% a 40% do volume de água aplicada em comparação ao manejo incorreto (AZEVEDO e SILVA, 1999). Os métodos de controle e quantificação de lâminas de irrigação podem ser classificados em três categorias: monitoramento das condições climáticas ou atmosféricas, da umidade do solo e da água nas plantas (BERNARDO, 2006).

No manejo de irrigação via solo, o tensiômetro é o aparelho mais comumente utilizado e determina o potencial mátrico de água no solo para determinação do momento da reposição de água. Entretanto, o equipamento necessita da curva de retenção de água no solo para garantir a eficiência do manejo de irrigação.

O uso dos equipamentos eletrométricos vêm ganhando espaço em função de sua maior versatilidade para obter informações precisas da umidade do solo (FREITAS et al., 2012). Dentre os diversos instrumentos, destaca-se o sensor capacitivo ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5, sendo uma excelente alternativa por permitir contínuo monitoramento, uma vez que dispõe de recursos de registro de dados, repetibilidade e aplicabilidade em vários tipos de solo (SEYFRIED e MURDOCK, 2004). No entanto, para garantir a exatidão das leituras do sensor ECH<sub>2</sub>O o fabricante recomenda que se faça a calibração de acordo com tipo de solo (DECAGON DEVICES Inc., 2016).

A quantificação do fluxo de vapor de água para a atmosfera proveniente de superfícies úmidas em combinação com a transpiração das plantas (evapotranspiração) representa a necessidade hídrica da cultura. O método direto mais empregado no manejo de recursos hídricos é a técnica de lisimetria, que por meio de variação do balanço de massa ou volume de água, determina a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (NASCIMENTO et al., 2011).

Por outro lado, os métodos indiretos para determinar a evapotranspiração de referência são classificados em dois grupos: os modelos matemáticos e os tubos ou tanques evaporímetros. Pivetta et al. (2010) afirmam que a ET<sub>o</sub> estimada pelo evaporímetro de Piché apresenta vantagens em relação aos tanques evaporímetros devido seu baixo custo, fácil instalação e manejo em ambiente protegido. Dentre as equações desenvolvidas para estimativa da ET<sub>o</sub> destaca-se o método de Hargreaves-Samani em virtude da simplicidade, baseados nas temperaturas máxima, mínima e média do ambiente e a radiação solar extraterrestre (VALIANTZAS, 2013).

Os métodos mais utilizados são os baseados nas características atmosféricas, em virtude de serem obtidos com maior rapidez e facilidade, no entanto estes métodos apresentam menor eficiência quando comparados ao manejo via solo. Por outro lado, o manejo via solo tem menor aceitação pelos irrigantes, por serem mais minuciosos e trabalhosos para o manejo da irrigação (SOARES et al., 2010).

Em função das necessidades do uso de técnicas racionais para determinar a lâmina de irrigação com exatidão para o manejo da água na agricultura irrigada, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o crescimento, acúmulo de biomassa na parte aérea e a produção de frutos do pimentão cv. Rúbia R. cultivada em ambiente protegido em função de diferentes métodos para estimar lâminas de irrigação aplicadas via gotejamento.

## **4.2. Material e Métodos**

### **4.2.1. Estrutura experimental**

O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na cidade de Recife, Estado de Pernambuco – Brasil, que de acordo com a classificação de Köppen, o clima é tropical úmido (Ams').

O ensaio foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), cujas coordenadas geográficas são 8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, altitude de 6,5m.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 com oito repetições totalizando 80 unidades experimentais. Testaram-se cinco técnicas para determinar as lâminas de irrigação, sendo três métodos via clima (lísímetro de pesagem - LS, equação de Hargreaves-Samani - HS, evaporímetro de Piché - PI) e dois métodos via solo (tensiômetro - TS e sensor umidade EC-5 - SU) e duas frequências de irrigação, a reposição integral, com a aplicação às 8:00 horas e a reposição parcelada em duas vezes, com irrigações às 8:00 e 16:30 horas.

O solo utilizado é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoesotípico (MARQUES, 2014), cuja caracterização química é apresentada na Tabela 9, realizada de acordo com metodologia da Embrapa (2011). O solo foi coletado na camada 0-30 cm, seco, destorroado e peneirado em malha de 4,75 mm. Vasos com capacidade de 10,0 litros foram utilizados para acondicionar 7,22 kg de massa de solo num volume útil de 5,3 litros, de modo a manter a mesma densidade do solo em campo, 1450 kg m<sup>-3</sup>. Em seguida, o solo foi saturado por capilaridade durante 2 horas e posteriormente, realizada a drenagem do excesso de água por gravidade. Ao cessar a drenagem, quando se considerou que o solo havia atingido a umidade equivalente à capacidade de campo, foi realizado o transplântio das mudas.

Tabela 9. Composição química do Latossolo Amarelo Distrocoesotípico

Prof. <sup>(1)</sup> (cm)	pH KCl	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	P <sup>+</sup>
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>					mgdm <sup>3</sup>
0-14	6,1	2,7	1,2	1,7	0,1	2,8	6,21
14-30	5,2	1,0	0,7	1,2	0,6	3,4	8,45

(1) Profundidade.

#### 4.2.2. Manejo da cultura e colheitas

As mudas de pimentão (Rúbia R. – ciclo médio de 120 dias) foram transplantadas para os vasos aos 35 dias após a semeadura, quando apresentaram quatro folhas definitivas. As plantas foram mantidas, durante os

primeiros 15 dias após o transplante, em regime de aclimação, após esse período, iniciou-se a diferenciação dos tratamentos com as diferentes lâminas de irrigação.

Ao longo de cada linha de plantio foi montado um sistema de tutoramento tipo espaldeira dupla para auxiliar a condução das plantas em crescimento vertical. O sistema foi composto por mourões espaçados em 9 metros, e fitilhos de nylon a cada 0,2 metros de altura acima do vaso.

A adubação realizada seguiu a recomendação do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) para a cultura do pimentão (CAVALCANTI, 2008). A aplicação de fundação foi equivalente a 30 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na adubação de cobertura foi aplicada doses equivalentes a 120 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 40 kg ha<sup>-1</sup> Potássio divididas em três parcelas iguais aos 25, 45 e 60 DAT. A adubação foliar foi realizada nas fases de desenvolvimento e crescimento, a cada 7 dias, a base de Nitrogênio 10%, Fósforo 8%, Potássio 8%, Cálcio 1%, Zinco 1%, Ferro 0,1%, Magnésio 0,5%, Boro 0,5%, Manganês 0,5%, Cobre 0,2%, Molibdênio 0,1%, com objetivo de prevenir possíveis deficiências nutricionais nas plantas; na fase da frutificação a adubação foliar realizada foi à base de Cálcio 19% e Boro 3,8% a cada 5 dias visando prevenir o impacto da deficiência desses nutrientes nos frutos.

O controle de pragas e doenças foi realizado adotando-se manejo preventivo, com a aplicação de agrodefensivos recomendados para a cultura. Para o controle de moscas brancas e pulgões foram utilizados os agroquímicos actara 250 WG - Adapar com a concentração de 20 g 100 L<sup>-1</sup> de água, aplicado via esguicho logo após a emergência e o mospilan – Ihara com doses de 40 g 100 L<sup>-1</sup> água foram realizadas aplicações com pulverização nas folhas a cada quinze dias. O grimectin - Adapar foi o acaricida utilizado nas três aplicações durante o ciclo da cultura com a concentração de 90 mL 100 L<sup>-1</sup> água. Para o controle de fungos foi utilizado o cercobin 700 wp - Adapar com doses de 70 g 100 L<sup>-1</sup> de água em duas pulverizações, aos 10 DAT e aos 45 DAT.

As colheitas foram realizadas entre os dias 21 de janeiro e 6 de fevereiro de 2018. Para obter maior qualidade dos frutos, a primeira flor, situada na primeira bifurcação, foi eliminada, esse procedimento também tem o objetivo de eliminar a frutificação precoce. No decorrer do experimento foram realizadas três colheitas, as quais tiveram início aos 70 dias após o transplante, e a segunda e a terceira colheitas foram realizadas com 82 e 95 DAT.

### 4.3. Sistema e manejos da irrigação

Um sistema de irrigação localizada foi instalado especificamente para o experimento, onde se utilizou gotejadores autocompensantes com vazão nominal de  $2\text{L h}^{-1}$  (Netafim – modelo PCJ-CNL), distribuídos em um gotejador por vaso.

Os tratamentos por demanda evaporativa: Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem e evaporímetro Piché tiveram turno de rega fixo, alternado de um dia. Enquanto que, os métodos via monitoramento da umidade do solo apresentam turno de rega variado, sendo o tensiômetro em função do potencial mátrico de água no solo estabelecido na literatura para a cultura do pimentão e o sensor de umidade do solo EC-5 em função do limite inferior de umidade, tendo como referência o valor equivalente à capacidade de campo.

#### 4.3.1. Método de Hargreaves-Samani (1985)

A estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pelo Método de Hargreaves-Samani (1985) demanda apenas valores de temperaturas mínima, média e máxima do ambiente e de radiação solar (Equação 1). Desse modo, no interior do ambiente protegido foi instalado o sensor DHT22 para o monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa do ar e a radiação solar extraterrestre foi obtida via tabela (Camargo, 1971).

$$ET_0 = 0,0023(T + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5}Ra \quad (1)$$

Em que:

$ET_0$  – Evapotranspiração de referência,  $\text{mm dia}^{-1}$ ;

T – Temperatura média,  $^{\circ}\text{C}$ .

$T_{max}$  – Temperatura máxima,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{min}$  – Temperatura mínima  $^{\circ}\text{C}$ ;

Ra – Radiação solar incidente no topo da atmosfera,  $\text{mm dia}^{-1}$ ;

#### 4.3.2. Minilímetro de pesagem

O minissistema de lisimetria instalado no interior do ambiente protegido foi constituído por quatro vasos plásticos idênticos aos utilizados no

experimento, diferindo apenas quanto à cultura utilizada, uma vez que, foram cultivados com grama-batatais (*Paspalum notatum*), com o porte de 12 cm de altura, cobrindo completamente o solo e sem sofrer estresse hídrico (ALLEN et al., 1998).

A densidade da água foi considerada igual a 1 g mL<sup>-1</sup> para estimar a evapotranspiração de referência com o lísimetro de pesagem. A estimativa da ETo com o minissistema de lisimetria de pesagem foi realizada diariamente e as pesagens dos vasos foram individuais. Os minilísimetros foram saturados por capilaridade durante 60 minutos, diariamente, em seguida ao cessar a drenagem era obtida a umidade com o solo-planta na capacidade de campo (M<sub>CC</sub>). Após 24 horas, os minilísimetros eram pesados novamente, e obtida a massa das unidades lisimétricas com o solo na umidade atual (M<sub>UA</sub>). Em função desses valores, a ETo foi obtida por meio da equação 2.

$$ET_o = \frac{M_{CC} - M_{UA}}{A * 1000} \quad (2)$$

Em que:

ET<sub>o</sub> – Evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;

M<sub>CC</sub> – Massa média dos vasos a capacidade de campo, g;

M<sub>UA</sub> – Massa média dos vasos na umidade atual, g;

A – Área do vaso, m<sup>2</sup>.

#### 4.3.3. Evaporímetro de Piché

O evaporímetro de Piché foi utilizado para realizar a medida diária do poder evaporante do ar. O equipamento foi instalado no interior do ambiente protegido, 1,5 metros acima do nível do solo. A evaporação de Piché foi determinada pela diferença do nível de água no tubo entre dois dias subsequentes, obtendo-se o resultado direto em mm, realizada diariamente às 8:00 horas. A equação 3 proposta por Villa-Nova e Ometto (1981) foi utilizada neste estudo para estimar a ETo via evaporímetro de Piché (ETPi).

$$ETPi = \frac{(0,28Pi)}{(1-w)} \quad (3)$$

Em que:

Pi – Evaporação obtida pelo evaporímetro de Piché, mm.d<sup>-1</sup>;

w – Definido por Makkink (1957) em função da temperatura do ar.

$$w = 0,407 + 0,0145 xT < T < 16 \text{ } ^\circ C$$

$$w = 0,483 + 0,01 xT < T < 32 \text{ } ^\circ C$$

#### 4.3.4. Evapotranspiração de cultura

Para se estimar a necessidade hídrica da cultura do pimentão em cada uma de suas fases de desenvolvimento calculou-se a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) por meio da equação 4 (ALLEN et al., 1998) que gera o produto entre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ) (Tabela 10).

$$ET_c = (ET_o \text{ ou } ET_{Pi}) * K_c \quad (4)$$

Em que:

$ET_c$  – Evapotranspiração da cultura,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$ET_o$  e  $ET_{Pi}$  – Evapotranspiração de referência ou evapotranspiração de Piché, respectivamente,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$K_c$ – Coeficiente de cultura.

Tabela 10. Coeficientes de cultura para o pimentão distribuído de acordo com as fases vegetativas.

Fase Vegetativa	Coeficiente de Cultura - $K_c$
Formação de mudas	0,40
Período vegetativo	0,40
Floração e Frutificação	0,70
Produção plena	1,05
Declínio da produção	0,85

Fonte: Marouelli e Silva, 2012

#### 4.3.5. Sensor de Umidade do Solo ECH<sub>2</sub>O

Em seis vasos foram instalados o sensor umidade EC-5 a 12 cm de profundidade, seguindo recomendações do fabricante (DECAGON DEVICES Inc., 2016), e as leituras realizadas diariamente às 8:00 horas. Devido ao sensor EC-5 determinar o teor de água do solo de forma indireta, é fundamental a realização da sua calibração para o solo a ser monitorado. Para tanto, foi utilizada a equação (5) desenvolvida por Silva (2016) para esse tipo de solo.

$$\theta = 0,9292 \cdot x - 0,0509 \quad r^2 = 0,9528 \quad (5)$$

Em que:

$\theta$  – Umidade volumétrica do solo,  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;

$x$  – leitura do sensor

O manejo de irrigação foi realizado com base na disponibilidade de água no solo, de modo a permitir que a planta consumisse de 55% a 100% da água disponível no solo. Desse modo, a umidade crítica estabelecida foi de  $0,20 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  e as reposições de água foram calculadas para elevar a umidade do solo à capacidade de campo ( $0,38 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ). Assim, a lâmina de água a ser aplicada foi calculada com base no valor médio das leituras dos seis sensores calibrados (equação 6).

$$LL = (\theta_{CC} - \theta_{atual}) * Z * 10 \quad (6)$$

Em que:

LL – Lâmina líquida, mm;

$\theta_{CC}$  – Capacidade de campo do solo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

$\theta_{Limite}$  – Umidade atual do solo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

Z – Camada do solo a ser irrigada, cm.

#### 4.3.6. Tensiômetro

Da mesma forma, em outros seis vasos foram instalados os tensiômetros. As irrigações foram efetuadas com base no valor médio do potencial mátrico indicado pelos seis tensiômetros, instalados a 15 cm de profundidade. As leituras foram realizadas diariamente às 8:00 horas da manhã, por meio de um tensímetro analógico com sensibilidade de 10kPa. No momento da montagem do experimento e preparo dos vasos, foi determinada a umidade volumétrica do solo nas tensões de 6, 9, 12, 15 e 20 kPa.

Pesquisas realizadas por Santana et al. (2004) e Carvalho et al. (2016) com a cultura do pimentão em ambiente protegido, estabeleceram que a tensão crítica de água no solo para essa cultura é de 15 kPa. Desse modo, as irrigações foram efetuadas sempre que este potencial mátrico foi indicado pelos tensiômetros. A lâmina de água foi calculada (equação 7) para elevar a umidade do solo à  $0,38 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ , equivalente à capacidade de campo e ao potencial mátrico de 6 kPa.

$$LL = (\theta_{CC} - \theta_{15kpa}) * Z * 10 \quad (7)$$

Em que:

LL – Lâmina líquida, mm;

$\theta_{CC}$  – Umidade em capacidade de campo do solo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

$\theta_{15kPa}$  – Umidade na tensão limite do solo,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

Z – Camada do solo a ser irrigada, cm.

Os métodos de manejo de irrigação utilizados para estimar a lâmina líquida de irrigação não incluem as perdas por uniformidade e distribuição de água inerentes ao projeto de irrigação. Para determinar tais perdas utilizou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o qual foi interpretado pela metodologia proposta por Mantovani (2001). De posse do CUD, utilizou-se a metodologia de Vermeiren e Jobling (1997) para determinar a eficiência do sistema de irrigação e assim, estimar a lâmina bruta (LB) a ser aplicada, conforme equação 8.

$$LB = \frac{LL}{Ef} \quad (8)$$

Em que:

LB - Lâmina bruta de irrigação, mm;

LL - Lâmina líquida (via solo ou clima), mm;

Ef - eficiência de aplicação, decimal.

#### 4.5. Parâmetros biométricos

As variáveis biométricas diâmetro do caule (DC) e altura da planta (AP) foram avaliadas a cada 10 dias, iniciando 25 dias após o transplântio (DAT), totalizando oito avaliações no decorrer do ciclo da cultura. As medições de AP foram feitas com uma régua graduada, medindo-se a distância entre a base do caule e a folha mais alta da planta, em cm; enquanto a variável DC, foi mensurada com auxílio de um paquímetro digital de precisão 0,01 mm, colocado na base do caule à aproximadamente 2 cm do solo.

A área da folha (AF), a área foliar total (AFt) e índice de área foliar (IAF) foram estimados conforme metodologia proposta por Albuquerque et al. (2011). A AF foi estimada ao final do experimento medindo-se comprimento e a largura de três folhas, selecionadas aleatoriamente, sendo a primeira folha tomada na

parte superior, segunda na parte mediana e a terceira na parte inferior da copa da planta, determinando assim, os comprimentos e larguras médias. O valor da AF foi estimado pela equação 9:

$$Y = 0,5979X \quad (9)$$

Em que:

Y é a área da folha, cm<sup>2</sup>;

X a área correspondente ao produto entre o comprimento (C) e a largura (L) da folha, cm<sup>2</sup>.

Em seguida, foi obtida a AFt, multiplicando-se a área da folha pelo número total de folhas, por planta. O IAF foi estimado dividindo-se a área foliar estimada pela área de solo ocupada pelas plantas.

As avaliações das taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento relativo (TCR) foram estimadas para um intervalo de 80 dias, com a primeira avaliação biométrica realizada 15 DAT e outra medição ao final do ciclo da cultura do pimentão 95 DAT. A TCR e TCA foram estimadas para as variáveis AP e DC, de acordo com as equações 10 e 11 propostas por Silva et al. (2000):

$$TCA = \frac{M2-M1}{T2-T1} \quad (10)$$

Em que:

TCA – Taxa de crescimento absoluto, cm.dia<sup>-1</sup>;

M2 – Medição final da altura ou diâmetro, cm;

M1– Medição inicial da altura ou diâmetro, cm;

T2 – T1– Intervalo de tempo (dias).

$$TCR = \frac{\ln(M2)-\ln(M1)}{T2-T1} \quad (11)$$

Em que:

TCR – Taxa de crescimento relativo, cm.cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

M2 – Medição final da altura ou diâmetro, cm;

M1– Medição inicial da altura ou diâmetro, cm;

T2 – T1 – Intervalo de tempo, dias;

#### **4.6. Análises de biomassa da parte aérea e dos frutos**

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi determinada ao final do experimento, onde folhas e caules das plantas identificadas foram pesados em balança analítica com precisão de 0,01g, e em seguida o material foi colocado em estufa em ventilação forçada, a 65° C por 72 horas para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA). Para avaliar a biomassa dos frutos foram adotados dois critérios para determinação do ponto de colheita dos frutos: o máximo crescimento e quando a casca apresentou aspecto “crocante”. Os frutos foram levados ao laboratório, pesados em uma balança analítica de precisão 0,01 g e em seguida estimada a produtividade total de pimentão por tratamento.

#### **4.7. Análises estatísticas**

Os valores das variáveis biométricas de crescimento e dos frutos, as taxas de crescimento absoluto e relativo, a biomassa fresca e seca da parte aérea, a produtividade total da cultura do pimentão cv. Rúbia R foram submetidos à análise de variância a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F, para as fontes de variação: diferentes lâminas de irrigação e frequências de aplicação, utilizando o software SISVAR versão 5.1 (FERREIRA, 2011). Em seguida os dados significativos ao teste F foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey a uma probabilidade de 5% (PIMENTEL GOMES, 2009).

#### **4.8. Resultados e Discussões**

##### **4.8.1. Parâmetros de crescimento e biomassa do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação**

O índice de área foliar (IAF) e diâmetro do caule (DC) foram significativamente influenciados ( $p < 0,01$ ) pelas diferentes lâminas de irrigação, enquanto a altura das plantas (AP) não apresentou diferença significativa (Tabela 12). As frequências de irrigação e a interação dos fatores não foram significativas para as variáveis biométricas.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis biométricas: índice de área foliar (IAF), diâmetro do caule (DC) e altura da planta (AP) das plantas de pimentão Rúbia R. aos 95 DAT em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (IAF)	Quadrado Médio (DC)	Quadrado Médio (AP)
Lâmina	4	1,88**	2,30**	7,06 <sup>ns</sup>
Frequência Lâmina <sup>x</sup>	1	0,14 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	65,16 <sup>ns</sup>
Frequência Erro	42	0,01 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	14,53 <sup>ns</sup>
Total corrigido	70	0,17	0,21	36,70
	79			
CV(%)		29,81	5,48	10,32
Média		1,38	8,38	58,73

\*\* – Significativo a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> – não significativo.

Padron et al. (2015) e Akinbile e Yosoff (2012) também não verificaram diferença significativa de diferentes lâminas de irrigação sob a altura das plantas de pimentão. Nota-se que a variedade de pimentão estudada apresentou crescimento padrão, desta forma, as variações na lâmina não ocasionaram variações significativas na altura das plantas, no entanto o diâmetro do caule apresentou variações significativas (Tabela 12). Esse resultado é decorrente da variação da lâmina de reposição que proporciona variações no fluxo de seiva, dessa forma há maior sensibilidade nesta variável (SOARES et al., 2011).

A evolução do crescimento em altura de plantas (AP) em função dos dias após o transplântio (DAT) e das diferentes estratégias de irrigação mostra, de um modo geral, que as plantas apresentaram crescimento semelhante em todos os tratamentos ao longo do experimento (Figura 5).

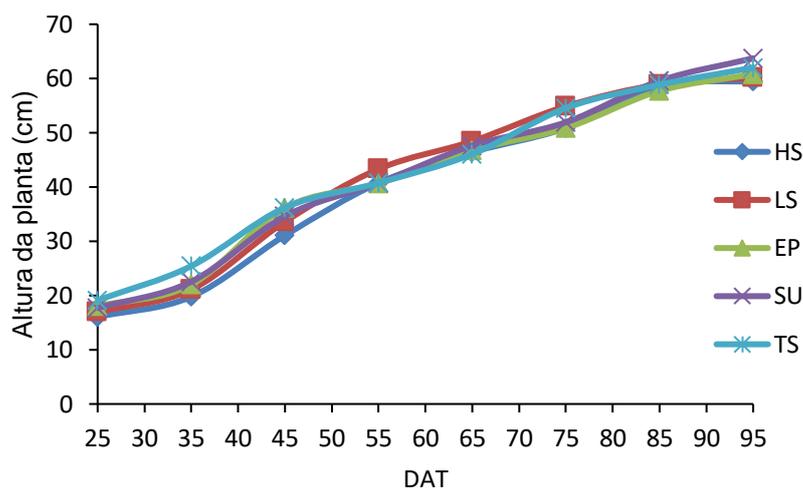


Figura 4. Altura de plantas (AP) de pimentão cv. Rúbia, em função dos diferentes controles de irrigação e sua evolução temporal durante o estudo. HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro.

Os valores médios de índice de área foliar (IAF) em função das diferentes estratégias de irrigação foram submetidos ao teste estatístico Tukey a 5% de probabilidade, onde se identificou maiores valores obtidos com evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro, 1,58, 1,61, 1,67  $m^2 m^{-2}$ , respectivamente (Tabela 13). Estes métodos proporcionaram maiores lâminas para a cultura do pimentão ao longo do ciclo, condição que contribuiu para os maiores valores de IAF. Pivetta et al. (2010) também encontram um IAF de até 1,5  $m^2 m^{-2}$  para a cultura do pimentão cultivado com ambiente protegido.

Tabela 12. Valores médios de índice de área foliar (IAF) e diâmetro do caule (DC) em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.

Tratamento	IAF( $m^2 m^{-2}$ )	DC (mm)	Lâmina de Irrigação (mm)
TS	1,67A	8,73A	789,66
SU	1,61A	8,59A	715,93
EP	1,58A	8,47A	677,75
LS	1,12B	8,39A	509,25
HS	0,91B	7,75B	470,66

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro

Os menores valores de IAF foram encontrados com o minissistema de lisimetria (LS) e a equação de Hargreaves-Samani (HS), os quais diferiram

significativamente dos demais tratamentos ao se aplicar o teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 13). Esse resultado é decorrente dos métodos LS e HS proporcionarem os menores volumes de água aplicados no decorrer do ciclo da cultura, desse modo limitou o crescimento foliar. De acordo com Albuquerque et al. (2011), as plantas com menor disponibilidade hídrica apresentam área foliar reduzida, tornando-se a primeira linha de defesa em condições de restrição de água.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), o crescimento foliar depende, principalmente, da divisão e expansão celular, notando-se que a inibição desta provoca uma lentidão na taxa de crescimento das folhas no início do seu desenvolvimento; a expansão celular, por sua vez, é regulada pela pressão de turgor das células, ou seja, só ocorrerá se houver disponibilidade hídrica, fato que justifica um menor IAF das plantas com menor volume de água aplicado.

Os valores médios para diâmetro do caule (DC) das plantas foram submetidos ao teste Tukey, a 5% de probabilidade (Tabela 13), e observa-se que as técnicas do minissistema de lisimetria, evaporímetro de Piché, tensiômetro e sensor de umidade proporcionaram os maiores valores de 8,39, 8,47, 8,59 e 8,74 mm, respectivamente, os quais diferiram significativamente dos demais tratamentos. Padron et al. (2015) e Lima et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação para o pimentão, e verificaram que o diâmetro do caule não é significativamente influenciado pelas diferentes lâminas de irrigação.

No entanto, o valor de DC obtidos com as plantas submetidas ao tratamento de Hargreves-Samani (7,75 mm) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 13). Este resultado é decorrente do tratamento HS ter proporcionado às plantas menor volume de água, dessa forma reduziu a área foliar e conseqüentemente o diâmetro do caule. A área foliar representa a matéria prima para a fotossíntese e, como tal, é de grande importância para o crescimento do caule da planta (PINZÓN-TORRES e SCHIAVINATO, 2008). O diâmetro do caule (DC) em função dos dias após o transplante (DAT) e por diferentes estratégias de irrigação vê-se na Figura 4, observa-se que no decorrer do experimento o tratamento de HS proporcionou os menores diâmetros de caule em relação aos demais métodos.

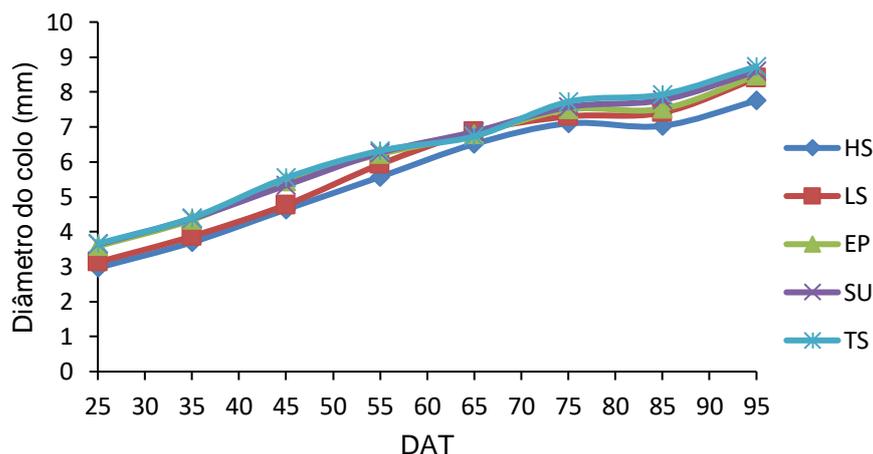


Figura 5 - Diâmetro do caule (DC) de pimentão cv. Rúbia, em função dos diferentes controles de irrigação e sua evolução temporal durante o estudo. HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro.

As variações nas lâminas de irrigação proporcionaram efeitos significativos nas variáveis taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRD). No entanto, não se verificou diferenças sobre taxa de crescimento absoluto de altura de planta (TCAA) e taxa de crescimento relativo de altura de plantas (TCRA) (Tabela 14).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto de altura de planta (TCAA), taxa de crescimento relativo de altura de plantas (TCRA), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRD) em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação para a cultura do pimentão.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (TCAA)	Quadrado Médio (TCRA)	Quadrado Médio (TCAD)	Quadrado Médio (TCRD)
Lâmina	4	0,0068 <sup>ns</sup>	2,00.10 <sup>-6ns</sup>	3,50.10 <sup>-4**</sup>	5,00.10 <sup>-6**</sup>
Frequência	1	0,0121 <sup>ns</sup>	3,00.10 <sup>-6ns</sup>	4,90.10 <sup>-5ns</sup>	5,28.10 <sup>-7ns</sup>
Lâmina x Frequência	4	0,0006 <sup>ns</sup>	1,96.10 <sup>-7ns</sup>	9,30.10 <sup>-5ns</sup>	1,00.10 <sup>-6ns</sup>
Erro	70	0,0057	2,00.10 <sup>-6</sup>	3,40.10 <sup>-5</sup>	5,03.10 <sup>-7</sup>
Total corrigido	79				
CV(%)		13,39	7,41	7,89	4,70
Média		0,562	0,016	0,073	0,015

\*\* – Significativo a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> – não significativo.

Os fatores TCAD e TCRD apresentaram diferenças significativas apenas para o método de Hargreaves-Samani ao teste Tukey a 5% de probabilidade

(Tabela 15). Este fato ocorreu devido esteve método proporcionar às plantas de pimentão menores lâminas de irrigação, em comparação com os demais métodos, que contribuiu para menor área foliar. Pinzón-Torres e Schiavinato (2008) afirmaram que a taxa de crescimento relativo está associada com a taxa de assimilação líquida, no sentido de relacionar a taxa fotossintética à quantidade de área foliar disponível para a interceptação de luz.

Tabela 14. Valores médios de taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCAD) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRD) em função das diferentes lâminas de irrigação definidas pela equação de Hargreaves-Samani, lisímetro de pesagem, evaporímetro de Piché, sensor de umidade e tensiômetro.

Tratamento	TCAD (cm dia <sup>-1</sup> )	TCRD (cm cm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
TS	0,078A	0,0155A
SU	0,076A	0,0153A
EP	0,075A	0,0152A
LS	0,074A	0,0151A
HS	0,065B	0.0141B

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro.

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 16), observa-se que a massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea das plantas de pimentão foram influenciadas significativamente pelos fatores isolados lâminas e frequências de irrigação a 1% de probabilidade pelo teste F. No entanto, a interação entre os fatores não ocasionou efeito significativo sob essas variáveis.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para a massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) do pimentão cv. Rúbia em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (MFPA)	Teste F (MFPA)	Quadrado Médio (MSPA)	Teste F (MSPA)
Lâmina	4	1425,76	12,44**	105,40	3,15**
Frequência	1	1891,61	16,52**	602,53	18,04**
Lâmina x Frequência	4	147,24	1,28 <sup>ns</sup>	60,61	1,81 <sup>ns</sup>
Erro	70	114,55		33,40	
Total	79				
CV(%)		13,93		26,41	
Média		76,81		21,88	

\*\* – Significativo a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> – não significativo.

Comparando-se os valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, observa-se que os tratamentos do tensiômetro (TS), sensor de umidade (SU) e evaporímetro de Piché (EP) proporcionaram os maiores valores destes parâmetros (Tabela 17).

Tabela 16. Massa fresca e massa seca da parte área das plantas de pimentão sob diferentes lâminas de irrigação.

Tratamento	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)	Lâmina de Irrigação (mm)
TS	86,67A	25,81A	789,66
SU	82,86A	23,78A	715,93
EP	80,53A	22,51A	677,75
LS	69,88B	19,79B	509,25
HS	64,13B	19,53B	470,66

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro.

Os valores de MFPA e MSPA obtidos via métodos de Hargreaves-Samani (HS) e minissistema de lisimetria (LS) diferem estatisticamente dos demais ao teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 17). Tal fato deve-se, provavelmente, ao menor volume de água aplicado nas plantas em relação aos demais métodos. A disponibilidade de água para a planta pode mudar a partição de assimilados entre as raízes e parte aérea, o que pode causar efeito redução de acumulação de biomassa da parte aérea da planta (McMICHAEL e QUISENBERRY, 1993).

As variáveis de massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea das plantas de pimentão foram influenciadas pelas diferentes frequências de irrigação pelo teste F a 1% de probabilidade (Tabela 8). A frequência parcelada (F2) apresentou maiores valores de MFPA e MSPA promovendo um incremento de 12,34 e 22,30% na MFPA e MSPA, respectivamente, em comparação com a F1 (Tabela 18).

Tabela 17. Massa fresca e massa seca do pimentão em função das diferentes frequências de irrigação.

Tratamentos	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)
F1	71,96B	19,13B
F2	81,68A	24,62A

Oliveira et al. (2015) também verificaram que maior disponibilidade de água no solo favorece o acúmulo de biomassa para a cultura do pimentão. De acordo com Taiz e Zaiguer (2008), a baixa disponibilidade de água na planta pode interferir na atividade fotossintética, reduzindo o crescimento e consequentemente, o acúmulo de biomassa das plantas.

#### 4.8.2. Produção do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação

A variável produtividade total (PT) foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$ ) pelas diferentes lâminas de irrigação, apesar da interação entre lâminas e frequências de irrigação não ter influenciado-a (Tabela 19). A produtividade média obtida foi de  $11,67 \text{ t ha}^{-1}$ , valor próximo ao previsto pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008) para cultura do pimentão ( $15 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para produtividade total ( $\text{t ha}^{-1}$ ) do pimentão cv. Rúbia em função das diferentes lâminas e frequências de irrigação.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Soma Quadrados	Teste F
Lâmina	4	553,98	138,49	29,39**
Frequência	1	76,99	76,99	16,34**
Lâmina <sup>x</sup>	4	23,87	5,96	1,26 <sup>ns</sup>
Frequência	1	76,99	76,99	16,34**
Erro	70	329,77	4,71	
Total corrigido	79			
CV(%)		18,59		
Média		11,67		

\*\* – Significativo a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> – não significativo.

O sensor de umidade (SU) e o tensiômetro (TS) proporcionaram as produtividades máximas de  $14,55$  e  $13,32 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 6). Esse resultado pode ser justificado devido ao maior fornecimento de água para a cultura durante todo o ciclo, contribuindo para aumentar a produção de foto assimilados distribuídos para as partes da planta e principalmente para a formação e crescimento dos frutos.

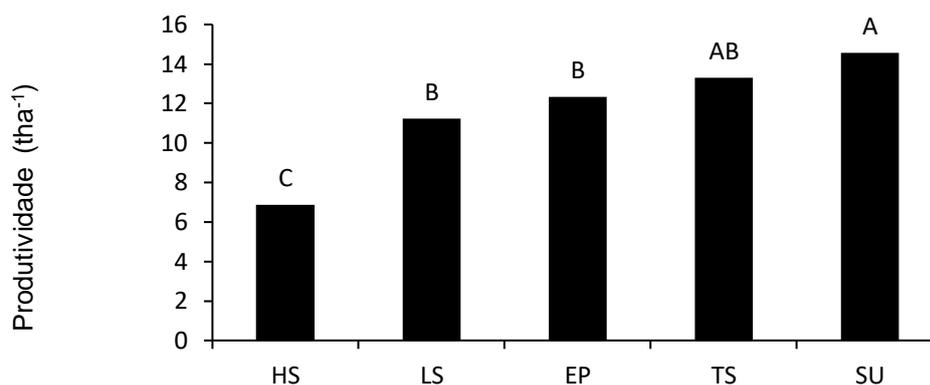


Figura 6. Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) do pimentão em função das diferentes técnicas de controle de irrigação.

HS - Hargreaves-Samani, LS - Lisímetro de pesagem, EP - Evaporímetro de Piché, SU - Sensor de Umidade e TS – Tensiômetro.

Os tratamentos lisímetro de pesagem (LS), evaporímetro de Piché (EP) e tensiômetro (TS) não diferiram estatisticamente, com produtividades de 11,23, 12,32 e 13,30  $t\ ha^{-1}$ , respectivamente. A menor produtividade foi obtida com as plantas irrigadas com base no método de Hargreaves-Samani, diferindo dos demais tratamentos, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade (Figura 6). Esse resultado é decorrente do método de HS estimar menor volume de água às plantas, que resultou em um baixo índice de área foliar, limitando, assim, o crescimento e desenvolvimento dos frutos.

A produtividade do pimentão foi significativamente influenciada pela frequência de aplicação da lâmina de irrigação (Tabela 20). A frequência parcelada apresentou maior produtividade média (12,65  $t\ ha^{-1}$ ), diferindo estatisticamente da frequência integral (10,69  $t\ ha^{-1}$ ). O estado constante de umidade do solo fornecido pelo parcelamento da irrigação resultou em um nível mais estável de umidade do solo comparando-se com eventos diários de irrigação integral, proporcionando condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura (DUKES et al., 2003).

Tabela 19. Produtividade total do pimentão em função das diferentes frequências de irrigação.

Tratamentos	Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ )
F1	10,69B
F2	12,65A

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

F1 - Frequência Integral. F2 - Frequência Parcelada.

A irrigação parcelada promoveu um incremento de 18,34% na produtividade total do pimentão. Corroborando nossos resultados, estudos apontam para que o aumento da frequência de irrigação resulta em maiores valores produtividade em culturas como tomate e pimentão (REBOUÇAS NETO et al., 2017; PIRES et al., 2009)

#### 4.9. Conclusões

As técnicas via solo (sensor de umidade e tensiômetro) resultaram em maiores valores das variáveis biométricas: área foliar e diâmetro do caule da planta, bem como em maiores acúmulos de biomassa fresca e seca da parte aérea, e também nas maiores produtividades de pimentão.

A aplicação fracionada da lâmina de irrigação (duas vezes ao dia) contribuiu significativamente para maior produtividade e maior acúmulo de biomassa da parte aérea.

#### 4.10. Referências bibliográficas

AKINBILE, C. O.; YUSOFF, M. S. Growth, Yield and Water Use Pattern of Chilli Pepper under Different Irrigation Scheduling and Management. **Asian Journal of Agricultural Research**, v.5, p. 154-163, 2011.

ALBUQUERQUE, F. da S.; SILVA, E. F. de F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. de; NUVES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.686–694, 2011.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998) Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. **Food and Agriculture Organization**, Rome.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle de irrigação**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. Embrapa Cerrados. (Circular Técnica, 001).

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 8. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CAMARGO. Tabela de Radiação Solar Global Extraterrestre. Boletim Técnico - Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, 1971.

CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p. 569-573, 2011.

CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 236-245, 2016.

CAVALCANTI, F. J. de A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação**. Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, Recife, 2008.

DECAGON DEVICES, Inc. (2016), EC-5 SoilMoisture Sensor. Operator's Manual, version 10, 22p., Pullman, Wash.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p., 2011.

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

FREITAS, W. A. de; CARVALHO, J. de A.; BRAGA, R. A.; ANDRADE, M. J. B. de. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.268–274, 2012.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

LIMA, E. M. C.; MATIOLLI, W.; THEBALDI, M. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, M. A. de. Produção de pimentão cultivado em ambiente protegido e submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.3, n.1, p.40-56, 2012.

MAKKINK, G. F. Ekzameno de la formula de Penman. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v.5, n. 1, p.290-305, 1957.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, L. C. W. Irrigação na cultura do pimentão. Brasília DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 20p. Circula Técnica, 101.

MARQUES, K. P. P. **Utilização de superfícies geomórficas no levantamento pedológico de uma microbacia do Rio Capibaribe**. 35p. 2014. Departamento de ciências geográficas (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

- McMICHAEL, B. L.; QUISENBERRY, J. E. 1993. The impact of the soil environment on the growth of root systems. **Environmental and Experimental Botany**, v.33, p. 53-61, 1993.
- NASCIMENTO, E. F. do; CAMPECHE, L. F. de S. M.; BASSOI, L. H.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M.; PEREIRA, F. A. de C. Construção e calibração de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo em videira de vinho cv. Syrah. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 271-287, 2011.
- OLIVEIRA, A. D de.; CARVALHO, D. F. de; PEREIRA, J. B. A.; PEREIRA, V. da C. Crescimento e produtividade do pimentão em dois sistemas de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 78 – 89, 2015
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15 ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009. 451 p.
- PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento e fotossíntese em quatro leguminosas arbóreas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n.3, p. 395-404, 2008.
- PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI E; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A; MELO. A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.27, n,2, p. 228-234, 2009.
- PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; TAZZO, I. F.; LUCAS, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.768–775, 2010.
- REBOUÇAS NETO, M. de O.; AZEVEDO, B. M. de; ARAÚJO, T. V. V. de; VASCONCELOS, D. V. de; FERNANDES, C. N. V. Irrigation frequency one economic performance and productivity of tomato in the coast of Ceará, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 971- 979, 2017.
- ROSELINO, A. C.; SANTOS, S. A. B.; BEGO, L. R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepelletier 1836 e *Meliponascutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira Biociência**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.154-158, 2010.
- SEYFRIED, M. S; MURDOCK, M. D. Measurement of Soil Water Content with a 50-MHz Soil Dielectric Sensor. **Soil Science Society of America**, San Diego, v. 68, n. 2, p. 394-403, 2004.
- SILVA, D. M. de O. **Calibração de sensores dielétricos ECH2O para solos de referência na zona da mata de Pernambuco**. 50p. 2016. Programa de Pós graduação em engenharia agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 46 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34).

SOARES, F. C. PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, J. C.; VIVAN, G. A. Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p. 36-50, 2010.

SOARES, L. L. dos A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T.; SÁ, F. V. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.2, p.210, 2011

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4<sup>o</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VALIANTZAS, J. D.; Simplified forms for the standardized FAO-56 Penman-Monteith Reference evapotranspiration using limited weather data. **Journal of Hydrology**, New York, 505, p. 13-23, 2013.

VERMEIREN, G. A.; JOBLING, G. A. Irrigação localizada. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 36).

VILLA-NOVA, N. A.; OMETTO, J. C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. **Anais do Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos - SBRH**, Fortaleza. p.281-299.1981.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações em relação as demandas hídricas do pimentão obtidas nesse estudo faz referência aos valores de consumo de água durante o ciclo da cultura, em ambiente protegido, sob as diferentes estratégias de controle da irrigação. A partir desses resultados é possível ter parâmetros para viabilidade do processo produtivo do pimentão, em função da disponibilidade de recursos hídricos dos produtores.

De acordo com os resultados apresentados, nessa dissertação, de eficiência do uso da água do pimentão comparando os efeitos das diferentes técnicas para estimativa da lâmina de irrigação, infere-se que o minilímetro de pesagem e o sensor de umidade EC-5 são mais eficientes, de modo que, ao utilizar outras técnicas haverá a possível redução na eficiência do uso da água.

As informações relacionadas aos efeitos dos diferentes frequências de aplicações da lâmina de irrigação por gotejamento, a aplicação da lâmina de irrigação fracionada é recomendada para cultura do pimentão, em condições

similares à desse estudo, de modo que, ocorrerá o acréscimo da eficiência do uso da água e da produtividade do pimentão.

Alguns aspectos desse estudo podem nortear pesquisas futuras, principalmente em relação a comparação do controle da irrigação via solo com o via clima, como exemplo, i) avaliar a estimativa hídrica sob diferentes estratégias de controle de irrigação, obtendo-se assim, informações que caracterizaram o comportamento da relação solo, planta e atmosfera.; ii) efeitos das diferentes estratégias de irrigação associados com uso de água com qualidade inferior; iii) estudo do comportamento das diferentes estratégias de irrigação correlacionado com solo de diferentes capacidades de retenção de água.