

DÉFICIT HÍDRICO NAS FASES VEGETATIVA E DE FLORAÇÃO DA PIMENTA 'TABASCO' EM AMBIENTE PROTEGIDO

LÍGIA BORGES MARINHO¹; JOSÉ ANTONIO FRIZZONE²; JOÃO BATISTA TOLENTINO JUNIOR³; JANAÍNA PAULINO⁴; JOSÉ MONTEIRO SOARES⁵ E FRANCISCO NOGUEIRA VILAÇA⁶

*Artigo extraído da tese do primeiro autor

¹ Enga. Agrônoma, Doutora, Profª. Departamento Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia, av. Edgard Chastinet, São Geraldo, CEP 48905-680, Juazeiro, BA. Fone (74) 3611-7363. E-mail: ligia.bmarinho@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. Departamento de Engenharia de Biossistemas/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" USP, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13.418-900, Piracicaba/SP, E-mail(s): frizzone@esalq.usp.br;

³ Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. Campus Curitibanos, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC. E-mail: joao.tolentino@ufsc.br

⁴ Enga. Agrícola, Doutora, Profª. Universidade Federal de Mato Grosso UFMT, campus Sinop: Avenida Alexandre Ferronato Nº 1.200. Bairro: Setor Industrial. CEP: 78.550-000, Sinop-MT, Email: eng_janaina@yahoo.com.br

⁵ Eng. Agrônomo, Doutor, Pesquisador EMBRAPA/CPATSA, BR 428, Km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, CEP: 56310-000, Petrolina, PE, E-mail: monteiro@embrapa.br

⁶ Eng. Agrônomo, Mestre. Departamento de Engenharia de Biossistemas/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" USP, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13.418-900, Piracicaba/SP, E-mail: xikovilaca@gmail.com

1 RESUMO

A escassez de recursos hídricos no Brasil tem impulsionado a demanda de manejo de irrigação mais eficiente nas propriedades agrícolas, visando reduzir o consumo de água e tornar o seu uso mais eficiente. O objetivo foi avaliar o efeito do déficit hídrico em diferentes fases do cultivo da pimenteira na eficiência de uso de água, na produtividade e na qualidade da pimenta 'Tabasco' cultivada em ambiente protegido, durante os meses de setembro de 2009 a julho de 2010, no município de Piracicaba-SP. O delineamento foi em blocos casualizados, com lâminas de irrigação de 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc), inicializadas nas fases vegetativa e de floração. O déficit de irrigação influenciou a produtividade da pimenta e o mesmo não foi observado para a qualidade física da pimenta. A eficiência do uso da água da pimenta Tabasco não foi influenciada pelo déficit. Entretanto, o déficit hídrico inicializado na fase de floração permitiu economia de água de até 50,1% de água no ciclo de 208 dias após transplantio.

Palavras-chave: Estresse hídrico, *Capsicum frutescens*, produtividade e qualidade do fruto.

MARINHO, L. B.; FRIZZONE, J. A.; TOLENTINO JÚNIOR, J. B.; PAULINO, J.; SOARES, J. M.; VILAÇA, F. N.

WATER DEFICIT APPLIED IN VEGETATIVE AND FLOWERING STAGE OF 'TABASCO' PEPPER IN GREENHOUSE

2 ABSTRACT

The scarcity of water resources in Brazil has driven the management of demand for more efficient irrigation in farms in order to reduce water consumption and make its use more efficient. The objective of this study was to evaluate the water deficits' effect at the vegetative and flowering stages of pepper in water use efficiency, yield and quality of pepper cv. 'Tabasco' (*Capsicum frutescens*) grown in a greenhouse from September 2009 to July 2010. The experiment was conducted as randomized block design with irrigation levels of 40, 60, 80 and 100% of Crop Evapotranspiration (ETc), beginning at vegetative and flowering stages. There was a significant effect of full and deficits irrigation started at vegetative and flowering stages on the fruit number per plant, and the linear model was the best fitted. The average of mass fruit per plant did not vary with the deficit, not even with the start up times. The deficit irrigation affected pepper productivity, yet it was not observed on the physical quality of fruits. The deficit irrigation (40% ETc) beginning at flowering stage allowed savings of up to 49.8% in water consumption in a cycle of 208 days after transplanting.

Keywords: water stress, *Capsicum frutescens*, productivity and fruit quality.

3 INTRODUÇÃO

Mundialmente a área colhida de pimentas e pimentões no ano de 2012 foi de 1.914.685 hectares (ha), 212.670 ha nas Américas, dos quais um total de 24.414 hectares foram na América do Sul, no Brasil para o mesmo ano foram colhidos 19.427 ha de pimenta *spp.*, com produção de 43.345 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2016).

Os valores de produção por região e unidades federativas do Brasil, destacando-se a Região Sudeste como a segunda maior produtora (5.629 t), atrás apenas da região Nordeste (6.171 t) (IBGE, 2006). A produção de pimenta neste país tem sido considerada expressiva, sendo escassas as informações atuais, principalmente, para as pimentas do gênero *Capsicum*.

Segundo LOPES et al. (2007), para a pimenta doce e picante, a qual a cv. Tabasco é representante, anualmente são cultivados cerca de 2.000 mil ha nos Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul, com produtividade média variando de 10 a 30 t ha⁻¹. Estes autores ressaltam a importância social e econômica do cultivo de pimenta em áreas de pequenos produtores rurais em todo país.

Uma maneira de ampliar e favorecer o sistema de cultivo da pimenteira é intensificando os métodos de produção. O uso de ambiente protegido, por exemplo, pode permitir o cultivo em épocas não tradicionais; promover melhores condições fitossanitárias às plantas, como o que ocorre na região Sudeste do Brasil, e permitir maior rentabilidade na propriedade rural, por reduzir a sazonalidade de oferta dos produtos e aumentar a produção por unidade de área. Contudo, a demanda hídrica e os tratamentos culturais são diferenciados do cultivo no campo, pois, no interior do ambiente protegido há menor demanda hídrica que a céu aberto, principalmente, devido à atenuação da radiação solar incidente e da menor velocidade do ar (KLAR e JADOSKI, 2004).

A pimenteira tem sido considerada como uma das hortaliças mais sensíveis à escassez (DOORENBOS e KASSAM, 2000) e ao excesso de água, sobretudo, na fase de floração (DALMAGO et al., 2003); a limitação de disponibilidade de água influencia o estabelecimento do estande das pimenteiros e pode gerar problemas funcionais na emissão dos frutos, especialmente, para o gênero *Capsicum* (SEZEN et al., 2006).

Face à escassez de água, em quantidade e qualidade, e a competição entre os diferentes setores demandantes de água, se faz necessário à adoção de estratégias de manejo dos recursos hídricos, de forma a aumentar a eficiência no uso de água e destiná-la para outros fins, evitando assim conflitos pelo recurso, sem comprometer o investimento econômico realizado na agricultura e assegurar a disponibilidade de água para as gerações futuras.

A estratégia de irrigação com déficit pode oferecer maior rentabilidade líquida na propriedade e maior eficiência de uso de água (FRIZZONE, 2001), mas pode estar associado a um maior risco de perdas por reduzir a produção dos frutos e estar altamente susceptível a problemas inesperados nos equipamentos ou ocorrência de condições climáticas adversas, sendo recomendado, principalmente, para culturas de alto valor econômico.

A irrigação restritiva em cultivo de pimenteiras e pimentões tem sido documentada em pesquisas realizadas em diferentes regiões no mundo (AZEVEDO et al., 2005; FERNÁNDEZ et al., 2005; GONZÁLEZ-DUGO et al., 2007; GUANG-CHENG et al., 2010; MARINHO, 2011; FODAY et al., 2012; LIMA et al., 2013);

Foday et al (2012) verificaram, em estudo realizado em ambiente protegido na China, que a adoção da estratégia de molhamento parcial de raízes e do déficit de irrigação nas diferentes fases fenológicas da cultura da pimenteira podem promover a economia de água em até 40%.

No Brasil, Lima et al. (2013) trabalharam com a pimenta *Capsicum frutescens* cv. Cayenne, em ambiente protegido, em Lavras–MG, sob diferentes potenciais mátricos do solo a -20, -40, -60 kPa e de -120 kPa, em dois experimentos. Um com a diferenciação da lâmina de irrigação a partir da fase vegetativa (transplântio até a planta atingir 50% de floração) e o outro a partir da fase reprodutiva. Os autores constataram que o aumento da restrição de água no solo proporcionou uma redução na produção da pimenta e indicaram o valor do potencial mátrico de -20 kPa como sendo o melhor para a irrigação desta cultura, em ambas as fases fenológicas.

Entretanto, ainda são escassas as informações para as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, as quais têm enfrentado condições de escassez de água, especialmente nos últimos anos, sobre: as consequências da restrição de água na produção de pimenta em ambiente protegido; a tolerância dessa cultura ao déficit hídrico quando a sua imposição ocorre em diferentes estágios fenológicos, sob diferente magnitude e duração do déficit. Desta maneira, é urgente a realização de pesquisas com estratégias de irrigação que permitam uma economia de água, com menores perdas de produção e de rendimento líquido.

O objetivo foi avaliar o efeito do déficit hídrico quando inicializado em duas épocas distintas, fase vegetativa e de floração-frutificação, da pimenteira na eficiência de uso de água, produtividade e qualidade da pimenta ‘Tabasco’.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, 22°42’30” de latitude S, 47°38’00” de longitude W e 580 m de altitude, de setembro de 2009 a julho de 2010. Para o estudo, utilizaram-se três estufas agrícolas, tipo arco, com orientação no sentido leste-oeste, com 3,0 m de pé direito, 7,1 m de largura, 17,64 m de comprimento e 4,7 m de altura, com cobertura plástica de polietileno transparente, com espessura de 150 µm, sendo as paredes laterais e frontais confeccionadas com tela antiafídica.

Foram testados oito tratamentos em delineamento experimental em blocos casualizados, em quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro lâminas de irrigação (L) -

100% da Evapotranspiração da cultura (ETc) (L100), 80% (L80), 60% (L60) e 40% (L40) aplicadas em duas épocas distintas, uma na fase vegetativa (E1) da pimenteira, aplicada a partir dos 39 dias após transplântio (DAT) e a outra na fase de floração-frutificação (E2), iniciando-se aos 59 DAT.

Em dois ambientes protegidos foram dispostos os tratamentos e num outro ambiente foram instalados dois lisímetros de pesagem. Foram distribuídos dois blocos por ambiente protegido, sendo cada bloco constituído por oito parcelas, no formato de canteiro com 4 m de comprimento, 3,2 m de largura e 0,8 m de bordadura. Cada parcela continha quatro plantas, considerando-se apenas as duas plantas centrais como unidades experimentais e as demais como bordaduras.

Utilizou-se a cultura da pimenta cv. Tabasco (*Capsicum frutescens*). As mudas foram produzidas com substrato organomineral, a sementeira foi feita no dia 28 de setembro de 2009, tendo a germinação ocorrido aos 11 dias após a sementeira (DAS). O transplântio foi realizado quando as mudas estavam com quatro folhas definitivas, aos 67 DAS (05 de dezembro de 2009), no espaçamento de 1,10 m x 0,80 m, utilizando-se canteiros com 0,10 m de altura e 0,30 m de largura, espaçamento este também utilizado nos lisímetros de pesagem.

As pimenteiras foram conduzidas sem poda e tutoradas com fios de arame e fitilho de plástico, com desbrota nas plantas antes da primeira bifurcação, com a finalidade de deixar a planta com estrutura em forma de taça, de modo a facilitar a movimentação e os tratamentos culturais.

A adubação foi calculada com base na análise de fertilidade do solo e exigência da cultura, conforme van Raij et al., 1997. Realizaram-se tratamentos fitossanitários com intervalos de 15 a 20 dias, seguindo as recomendações técnicas (LOPES et al., 2007).

A caracterização física do solo foi determinada no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP (Tabela 1) enquanto a análise de fertilidade do solo foi realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP (Tabela 2).

Tabela 1. Análise física do solo ambiente protegido, Piracicaba SP, 2009.

Camada cm	Fração Granulométrica %			Classe textural	Densidade do solo g cm ⁻³
	Areia	Silte	Argila		
0-20	39,40	17,70	42,90	Argiloso	1,30
20-40	41,33	15,50	43,17	Argiloso	1,45

Tabela 2. Análise de fertilidade do solo do ambiente protegido, Piracicaba-SP, 2009.

Camada cm	Ph	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						
0-20	5,5	11	189	3,2	46	9	20	58,2	78,4	74
20-40	5,0	14	48	2,0	32	12	20	46,0	66,2	69

O sistema de irrigação foi gotejamento, com emissores on-line autocompensante, com vazão nominal de 2L h⁻¹, com espaçamento entre emissores de 0,8 m. Determinou-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, cujo resultado foi de 98,10%, vazão média de 2,24 ± 0,05 L h⁻¹.

Até o estabelecimento da cultura 39 dias após o transplântio, as irrigações foram realizadas com lâminas com 100% da Evapotranspiração da cultura – ETc, determinada por

lisimetria de pesagem (Marinho et al., 2011) e, a partir daí, as lâminas de irrigação passaram a ser diferenciadas de acordo com os tratamentos propostos.

Para a construção dos lisímetros confeccionaram-se plataformas de pesagem com célula de carga (ALFA GL 200 e GL 500), centralizadas entre duas chapas de aço carbono, ligadas a um coletor de dados, Datalogger CR10X, para leitura e armazenamento. Utilizou-se caixas de polietileno (100 e 250 L), sob plataformas as quais funcionaram como lisímetros de 100 e 250 kg. A calibração dos lisímetros foi realizada aplicando-se massas de solo conhecidas e anotando-se o respectivo sinal elétrico (mV). De posse dos dados da variação da massa e voltagem, ajustou-se uma equação por regressão linear, utilizada para conversão de sinal elétrico em massa. Pela variação de massa dos lisímetros determinou-se em escala diária a evapotranspiração da pimenteira ($L \text{ planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Foram desconsiderados os valores negativos de variação de massa, pois, representavam as irrigações. Inicialmente, até os 74 DAT foi utilizado o lisímetro 100 kg devido a sua melhor resolução o que era desejado na fase de desenvolvimento inicial da pimenteira quando a demanda de água era menor e em seguida utilizou-se o lisímetro 250 kg. Os dados de evapotranspiração de cultura, em base de volume foi utilizado para a irrigação dos canteiros, para a quantificação da lâmina de irrigação a ET_c foi convertida em mm, considerando a área disponível de $0,74 \text{ m}^2$ (lisímetro 100 kg) e de $0,78 \text{ m}^2$ (lisímetro 250 kg), e de $0,88 \text{ m}^2$ para as plantas dos canteiros.

Durante o experimento no interior e exterior do ambiente protegido foram realizadas a aquisição de dados de temperatura por psicrômetro ventilado e de radiação solar global (LI200X, Licor), interligados a um coletor e armazenador de dados, Datalogger CR10X, com leituras realizadas num intervalo de 1 segundo e armazenada a média de 15 minutos. De posse destes dados calculou-se a evapotranspiração de referência - ET_{OP-M} (mm dia^{-1}) utilizando-se equação de Penman-Monteith (ALLEN, et al., 1997) conforme Equação 1:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_o - Evapotranspiração por Penman-Monteith (mm dia^{-1}), Δ - Declinação da curva de saturação de vapor de água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), R_n - Saldo de irradiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G - densidade de fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), γ - Fator psicrométrico (MJ kg^{-1}), U_2 - Velocidade do vento (m s^{-1}); T - temperatura do ar ($^\circ\text{C}$), e_s - Pressão de saturação de vapor (kPa), e_a - Pressão parcial de vapor (kPa).

Adicionalmente, identificaram-se cinco flores totalmente abertas com tempo similar de desabrochamento de quatro pimenteiras por tratamento, na parte mediana de cada uma das plantas aos 92 DAT. O número de flores abortadas ou abscisão de flores de cada planta foi registrado, em intervalos de sete dias, até o pegamento dos frutos (terceira semana).

Foram feitas as seguintes avaliações: a) número e massa de frutos por planta; b) comprimento e diâmetro de fruto; c) massa total de frutos por planta. Para se determinar a massa de frutos utilizou-se uma balança digital marca OHAUS, modelo TP4KD, Série 2881, enquanto que o comprimento e diâmetro de frutos foram determinados mediante trena e paquímetro digital marca Starret®, Modelo Série 799. A produtividade média de frutos por tratamento, expressa em Mg ha^{-1} , foi obtida multiplicando-se a massa total de frutos por planta pelo número de plantas do hectare. Calculou-se a eficiência de uso da água (EUA) segundo Doorenbos e Kassam (2000). Os dados foram submetidos à análise de variância para testar a significância das lâminas de irrigação (plena e com déficit) diferenciadas nas fases vegetativa e de floração da pimenta. E, quando significativo, determinou-se a tendência por meio de análise de Regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida com os lisímetros 100 (até os 75 DAT) e 250 kg (76 a 208 DAT), sob condições de irrigação plena (L100) e ET_{o P-M} no interior do ambiente protegido e os dados de ET_{o P-M} no ambiente externo encontram-se na Figura 1A e 1B.

A evapotranspiração da cultura variou de 0,54 a 5,0 mm dia⁻¹, com consumo médio de água de 2,80 ± 0,98 mm dia⁻¹. Estes valores são superiores aos reportados por Chaves (2008), (0,28 a 2,42 mm dia⁻¹ e consumo médio de 1,28 mm dia⁻¹), em cultivo com a mesma cultivar de pimenta e sob a condição de ambiente protegido, também em Piracicaba-SP, contudo, essas diferenças podem ser atribuídas, provavelmente, às diferenças das condições climáticas presentes em cada estudo, ao manejo de irrigação adotado, ao tipo de equipamento utilizado na determinação da evapotranspiração da cultura (lisímetro de pesagem e de drenagem), o resultado numa maior demanda hídrica no presente estudo.

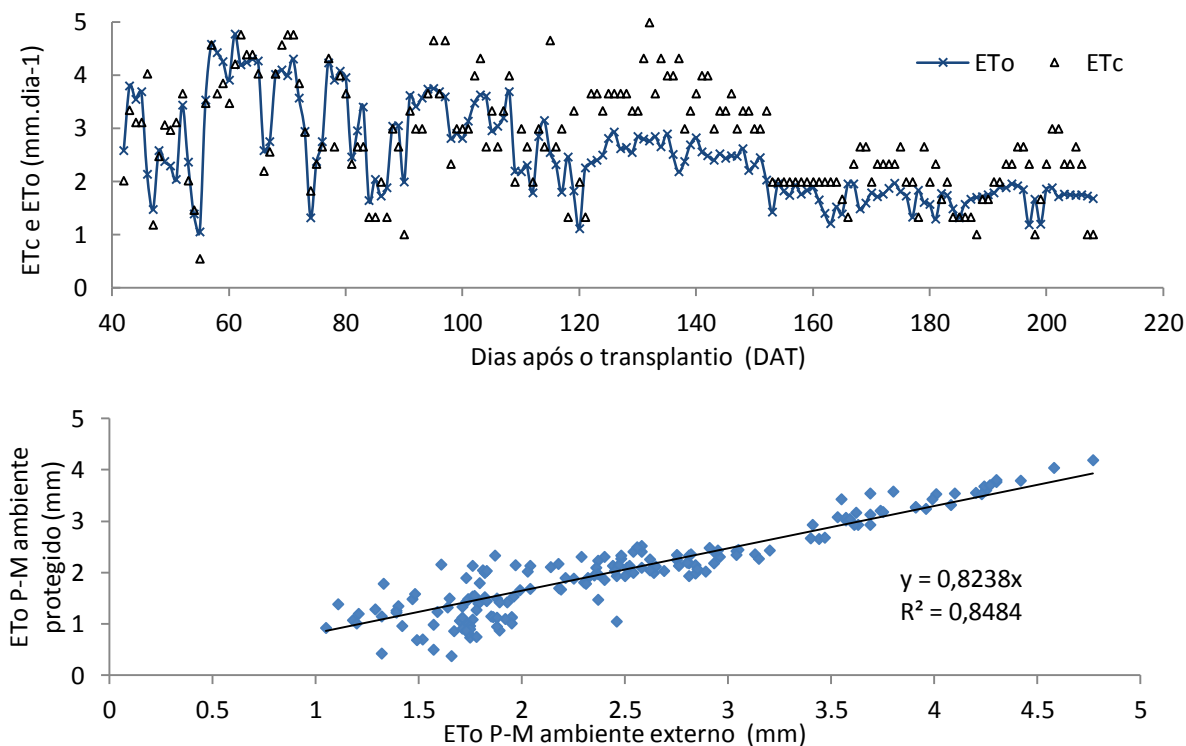
Os valores de ET_c na fase inicial de cultivo da pimenta Tabasco foram semelhantes aos da ET_{o P-M}, provavelmente, por apresentar menor cobertura do solo, devido a menor área foliar, desta forma, verifica-se que a evaporação da água do solo foi o fenômeno que mais contribuiu com a demanda hídrica dessa fase, e a medida que houve o aumento do desenvolvimento da cultura, no período compreendido entre o pico da floração e frutificação, entre os 91 e 152 DAT, foram observados os maiores valores de ET_c, podendo-se observar que a transpiração passou a ser o processo dominante na evapotranspiração da pimenteira. Existe uma tendência de incremento da transpiração por planta em função da área foliar, entretanto, devido a influencia de outros fatores no referido processo, principalmente, a energia radiante e o vento, nem sempre existe uma relação linear entre a transpiração e a área foliar (ANGELLOCI, 2002).

Dos 153 aos 163 DAT os valores da ET_c foram praticamente coincidentes com a ET_o, com um incremento da ET_c aos 167 DAT, representando novos pico de floração e frutificação até os 208 DAT, com poucos declínios de demanda de água, durante a maturação dos frutos, vale salientar que, o ciclo fenológico da pimenteira Tabasco foi de 208 dias após transplante e as colheitas foram iniciadas aos 107 DAT e, se repetiu semanalmente, totalizando 15 colheitas, por interrupção do cultivo, por declínio de produção e interesse em determinar a transpiração por sondas de dissipação térmica em fluxo zero, após poda. Contudo, não houve êxito na prática de poda e o experimento foi finalizado.

De forma semelhante, Albuquerque et al. (2012) em pesquisa realizada em Recife-PE com pimentão utilizando-se balanço de água no solo para estimar a evapotranspiração da cultura, também constataram que a ET_c apresentou comportamento semelhante à evapotranspiração de referência, ao longo dos dias, após o transplante. Todavia, no trabalho destes foi verificada uma discrepância entre ET_c e ET_o a partir dos 60 DAT, com uma diminuição dos valores de ET_c desta data até os 75 DAT e um redução contínua da ET_c após os 90 DAT, na fase de maturação, até a última colheita.

Estes resultados se apresentam semelhantes aos encontrados por Chaves (2008) em que o consumo total da pimenta Tabasco foi de 459 mm, num ciclo de 350 dias, tendo ET_c máxima ocorrida entre 163 e 181 DAT, e de 461 mm, num ciclo de 188 dias (PAULA et al., 2011), sendo ambos em ambiente protegido, Piracicaba, SP.

Figura 1. Variação da evapotranspiração de referência (ET_{o P-M}) (A) e evapotranspiração da pimenta (ET_c) determinada com os lisímetros de pesagem de 100 kg (até os 74 DAT) e de 250 kg (75 a 208 DAT) em ambiente protegido e a relação entre ET_o ambiente protegido e externo (B), Piracicaba-SP, 2009.



As lâminas de irrigação totais aplicadas variaram de 181 mm (E1L40) a 406,70 mm nos tratamentos sob irrigação plena (E1L100 e E2L100) (Tabela 3).

Tabela 3. Lâminas de água total aplicada no ciclo fenológico da pimenta ‘Tabasco’ e a redução da produção, em ambiente protegido, Piracicaba-SP, 2009.

Época	Lâminas de irrigação (ET _c)			
	40	60	80	100
	Lâmina de irrigação total aplicada (mm)			
E1	180,6	255,9	331,6	406,7
E2	202,9	270,9	338,8	406,7
	Redução da produção total de frutos (%) ⁽¹⁾			
E1	48,0	40,2	9,7	-
E2	44,6	28,9	26,2	-

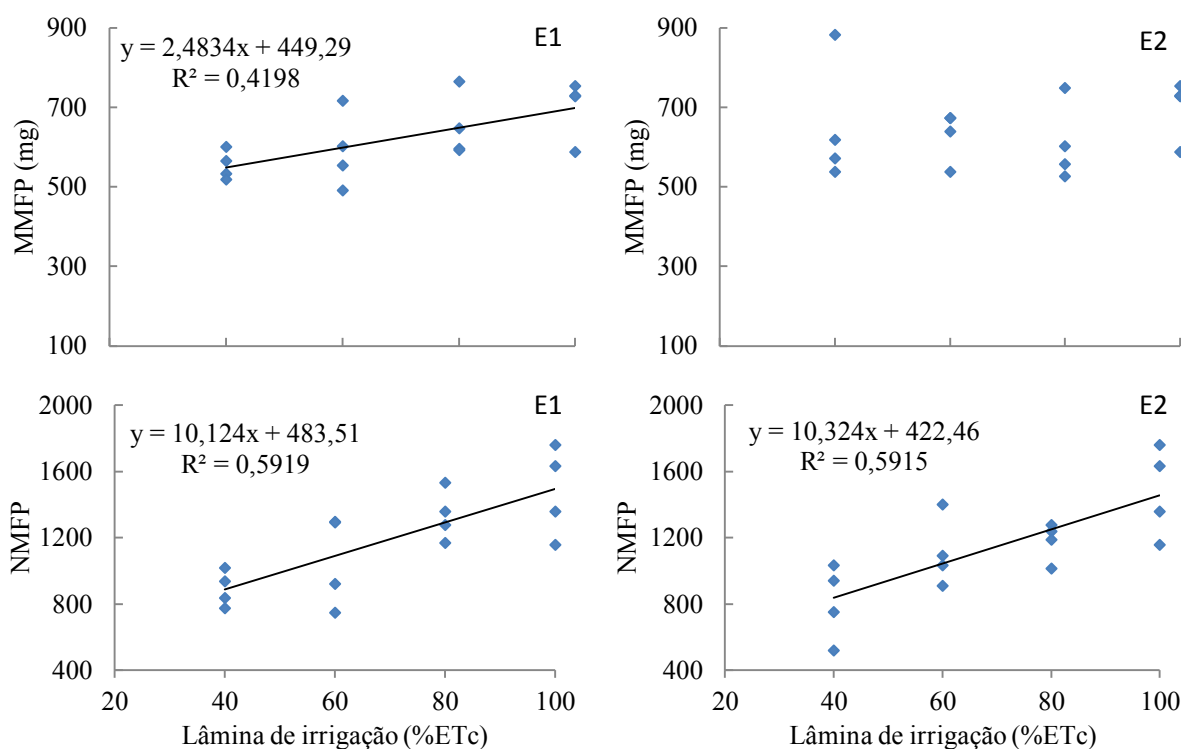
(1) Redução da produção total de frutos comparada à irrigação plena E1 e E2L100, n=16.

Foi verificada a tendência linear e a redução de aproximadamente 28% do valor da ET_o no interior da estufa em relação ao ambiente externo (Figura 1B). A ET_o no interior do ambiente protegido é em média 60 a 80% da que acontece no ambiente externo (ROSENBERG et al.,1989). A redução de ET_o verificada entre os ambientes interno e externo foi devido à atenuação do saldo de radiação solar, do vento e do aumento da umidade do ar no ambiente protegido. Esse resultado indica a importância e a necessidade de obtenção de informação sobre

a demanda hídrica da cultura no interior de ambiente protegido, para tomada de decisão do cultivo e do manejo da irrigação.

A massa média de frutos por planta (MMFP) e o número de frutos por planta (NMFP) foram influenciados significativamente ($p < 0,05$) em função das lâminas de água, quando estas foram diferenciadas a partir da E1 (fase vegetativa) e nas épocas E1 e E2 (floração-frutificação), respectivamente (Figura 2). O modelo linear foi o que melhor se ajustou à interação entre a lâmina de irrigação e a Época 1 para massa média frutos por planta (MMFP) e para o número médio de frutos por planta (NMFP), em ambas as épocas de diferenciação da lâmina de irrigação.

Figura 2. Massa média de frutos por planta (MMFP) e número médio de frutos por planta (NMFP), em função das lâminas e das épocas de diferenciação das lâminas de irrigação, a partir da fase vegetativa (E1) e da fase floração-frutificação (E2), em pimenta ‘Tabasco’, em ambiente protegido, Piracicaba, SP, 2009.

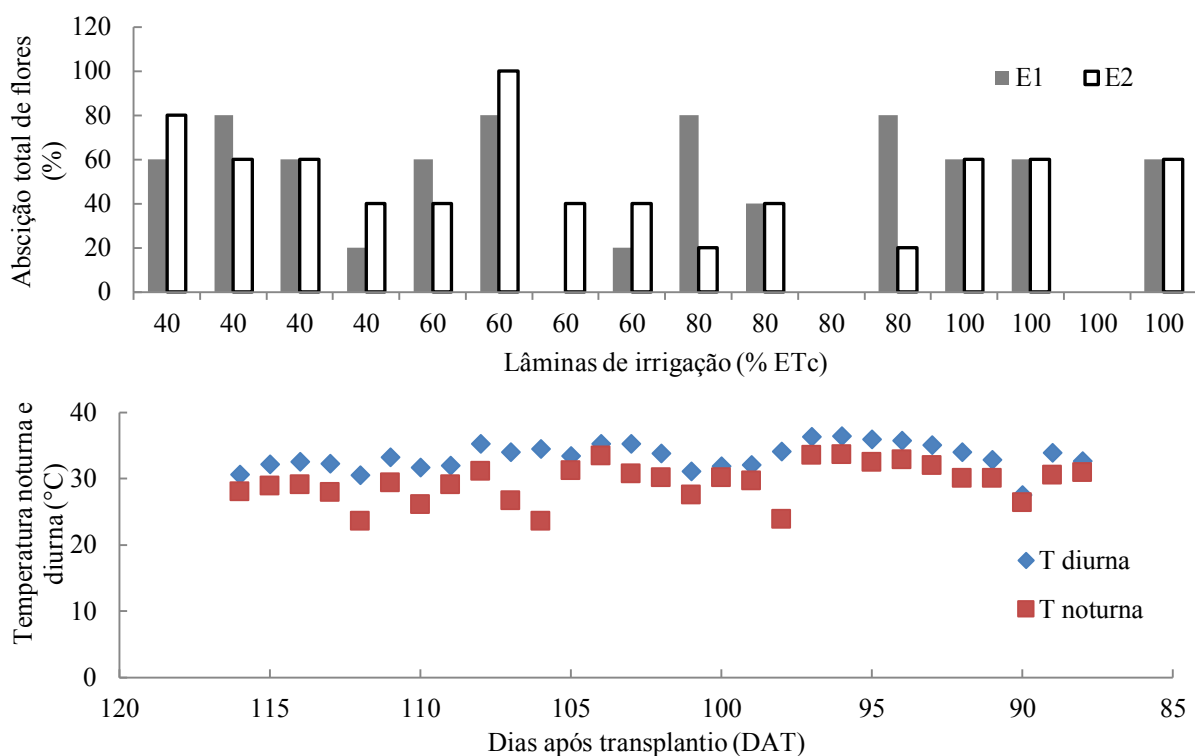


Para o NMFP, a redução de 1% da lâmina na E1 e E2 reduziu cerca de 10 frutos, para o intervalo estudado. Os valores de R^2 indicam que, aproximadamente, 60% da variação do número médio de frutos por planta é explicada pela variação das lâminas. O maior valor absoluto foi de 1.761 frutos planta⁻¹ para a lâmina de 100% da ETc, tendo o valor médio entre os tratamentos sido de 1.125 frutos planta⁻¹ com uma amplitude de variação de 585 e de 665 frutos planta⁻¹ correspondentes às lâminas de 40 e 100% da ETc, respectivamente. Fernández et al. (2005) não verificaram efeito significativo do déficit de irrigação em pimentão, em estudo realizado em ambiente protegido, na Província de Almería, no sudoeste da Espanha. Foday et al (2012) em estudo realizado em ambiente protegido na China, utilizando a técnica de molhamento parcial de raízes e o déficit de irrigação aplicado nas diferentes fases fenológicas da cultura da pimenteira, verificaram reduções de rendimento para a irrigação programada com limitação com base em 30% da evapotranspiração de referência (ET₀) no estágio de germinação

e vegetativa, e de 50% da ETo no estágio de floração. Os autores observaram que o déficit hídrico (50% da ETo) no estágio de frutificação foi considerado benéfico para a cultura, por incrementar a produção de frutos, quando comparou-se a irrigação a 100% da ETo, ao longo do ciclo da cultura.

A abscisão ou abortamento total de flores não foi comprometida pelo déficit hídrico imposto (Figura 3), os valores variaram de 20 a 60% para os tratamentos que tiveram a irrigação reduzida de 20% e 60% a partir da fase vegetativa (E1) e sob a condição de irrigação plena, houve 45% de abscisão de flores.

Figura 3. Abscisão total de flores de pimenteira ‘Tabasco’, em função das lâminas de irrigação diferenciadas a partir da fase vegetativa (E1) e da fase floração-frutificação (E2) e Temperatura máxima diurna e noturna no interior do ambiente protegido, no período de avaliação (88 aos 116 DAT) da abscisão das flores da pimenta ‘Tabasco’.

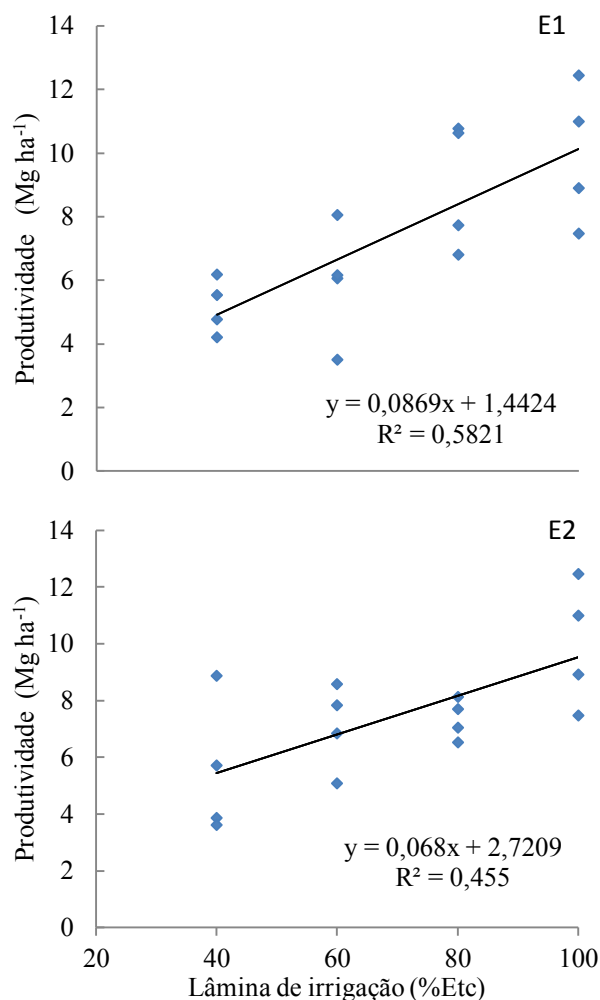


A abscisão é o processo responsável pela redução da produção em pimenta (ALONI et al., 1991) e normalmente está relacionada ao estresse térmico (ALONI et al., 1994). A exigência térmica da pimenta oscila entre 18 °C (temperatura mínima) e a máxima em torno de 35 °C sendo que temperaturas acima 35 °C prejudicam a formação dos frutos (LOPES et al.,2007).

No presente estudo a temperatura máxima variou de 27 a 36 °C durante o dia e de 22 a 34 °C à noite, o que pode ter causado a abscisão das flores durante o período de avaliação, dos 88 aos 116 DAT. Resultados semelhantes foram reportados por González – Dulgo et al. (2007) para pimentão cv. Sonora, quando submetido a déficit hídrico inicializado durante o amadurecimento dos frutos, em Córdoba, Espanha, sendo que para todos os tratamentos a porcentagem de abscisão variou de 40 a 48%, com temperatura máxima diária superior a 35 °C durante a maior parte do tempo.

A produtividade em função das lâminas de irrigação diferenciadas na fase vegetativa (E1) e de floração (E2), variou de 3,51 a 12,54 Mg ha⁻¹, tendo se destacado como o menos produtivo (E1L40) e o mais produtivo (irrigação plena E1 e E2), respectivamente (Figura 4).

Figura 4. Produtividade, em função das lâminas e das épocas de diferenciação das lâminas de irrigação, a partir da fase vegetativa (E1) e da fase floração-frutificação (E2), em pimenta ‘Tabasco’, em ambiente protegido. Piracicaba, SP, 2009.



Os dados de produtividade em função das lâminas e épocas de diferenciação apresentaram tendência linear com coeficientes de determinação de 58% (E1) e de 45% (E2). Observa-se que a pimenteira mostrou maior perda de produção sob déficit hídrico quando a diferenciação da irrigação foi aplicada na fase vegetativa (E1) que quando aplicada na fase de florescimento (E2) ao reduzir as lâminas a 40 e 60% da ETc. Além de apresentar maior coeficiente angular da regressão, proporcionou reduções de 0,087 Mg ha⁻¹ e de 0,068 Mg ha⁻¹ de fruto por unidade de lâmina reduzida e no intervalo de lâmina estudado.

Estes resultados foram similares aos obtidos por Chaves (2004), que obteve uma redução de cerca de 0,07 Mg ha⁻¹ de pimenta ‘Tabasco’ para redução de cada unidade percentual de ECA aplicada. Em maneira semelhante, Guang-Chenge et al. (2010), quando analisaram o efeito do déficit hídrico imposto durante a fase reprodutiva da pimenta, Zao feng, também verificaram redução significativa da produtividade quando a reposição de água foi realizada em solo

apresentando 80% da capacidade de campo (CC). Em Contrapartida, em estudo realizado com o déficit hídrico em pimenta Cayenne, foi constatada a maior sensibilidade da fase reprodutiva que a vegetativa, ao utilizar as tensões de água no solo de 20, 40, 60 e 120 kPa (LIMA et al., 2013).

A redução da produtividade na época 1 foi atribuída à redução tanto da massa média de fruto por planta quanto ao número de frutos por planta, enquanto na época 2 foi atribuída apenas à variação do NMFP.

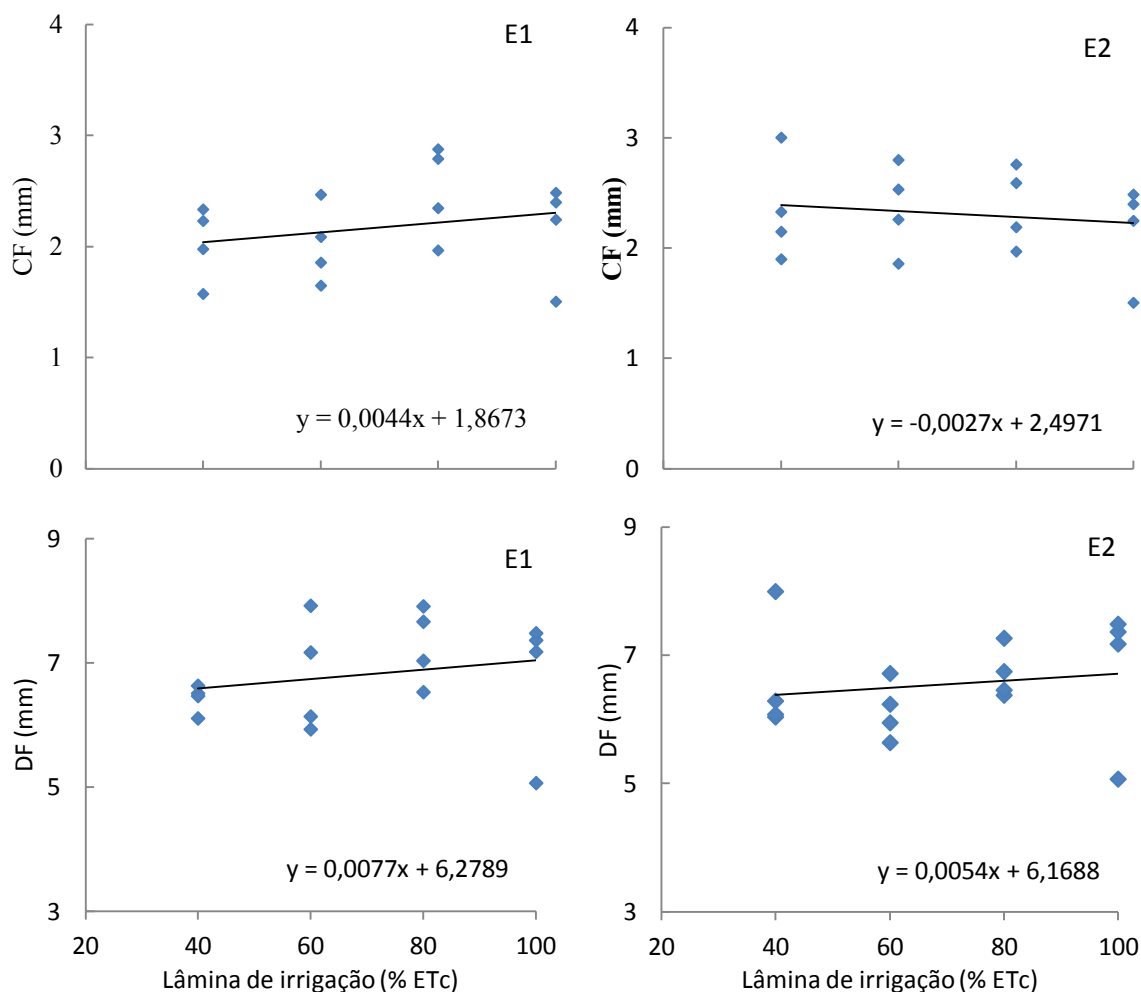
O déficit de irrigação de 60% aplicado a partir da floração-frutificação promoveu numa economia de água de 55,6 e de 50,1%, respectivamente, no ciclo fenológico de 208 DAT e condicionou uma redução de 380 g de pimenta por planta quando a restrição foi inicializada na fase floração-frutificação. A pimenteira submetida ao déficit hídrico de 20% na fase vegetativa teve uma pequena redução de produção e uma economia de água de 75,1 mm.

Os resultados observados neste estudo se apresentaram semelhantes aos obtidos por Fernández et. al. (2005) ao verificar reduções de 33% e de 62% na produção total de pimentão quando o déficit de irrigação foi de 20 e 50%, respectivamente. Do mesmo modo, González-Dugo et al. (2007) trabalhando com *Capsicum annum* L., notaram que o déficit de irrigação proporcionou uma redução tanto da área foliar quanto da produtividade de biomassa. Estes autores constataram que o déficit aplicado para controlar o amadurecimento dos frutos, exigido para a colheita mecânica, mostrou-se prejudicial à produção de frutos comerciáveis, uma vez que as pimenteiras deveriam ser irrigadas até a colheita, para favorecer a máxima produtividade de pimenta desidratada.

Em contrapartida, não se verificou efeito significativo e nem influência negativa do déficit de irrigação na qualidade da pimenta, cujos valores absolutos variaram de 6,13 a 7,30 mm e de 20,1 a 25 mm para o diâmetro (DF) e comprimento de fruto (CF), respectivamente (Figura 5), não comprometendo a sua comercialização, mesmo não existindo normas oficiais de padronização e de classificação comercial deste fruto.

Resultados similares de comprimento médio de frutos (26 mm) e do diâmetro médio de frutos (7 mm) foram encontrados por Paula (2011) para pimenta ‘Tabasco’ cultivada em ambiente protegido e com aplicação de CO₂, em Piracicaba-SP. Em trabalho realizado com *Capsicum frutescens* cv. Cayenne, em Pentecoste –CE, da mesma maneira, não foi depreciada a qualidade física da pimenta em função do déficit hídrico imposto na fase reprodutiva.

Figura 5. Comprimento (CF) e diâmetro de frutos (DF), em função das lâminas e das épocas de diferenciação das lâminas de irrigação, a partir da fase vegetativa (E1) e da fase floração-frutificação (E2), em pimenta ‘Tabasco’, em ambiente protegido.



Na Tabela 4 observa-se a eficiência de uso de água da pimenteira Tabasco em função das lâminas de irrigação diferenciadas a partir de duas épocas distintas, na fase vegetativa e na floração-frutificação. Essa variável não foi influenciada pelos fatores: lâminas de água e nem pelas épocas de diferenciação destas.

Tabela 4. Eficiência de uso de água em função das lâminas de irrigação diferenciadas nas fases vegetativa (E1) e de floração (E2), em pimenta ‘Tabasco’, ambiente protegido, Piracicaba-SP, 2009.

Época ⁽¹⁾	Lâminas de irrigação (% ETC) ⁽²⁾			
	L40	L60	L80	L100
	EUA (kg m ⁻³)			
E1	2,84	2,30	2,68	2,421
E2	2,69	2,59	2,14	2,421

⁽¹⁾ Épocas de diferenciação da lâmina de irrigação. E1- a partir da fase vegetativa; E2- a partir da floração. ⁽²⁾ ETC – Evapotranspiração da cultura. L0 – Lâmina de irrigação a 0% da ETC; L40 – Lâmina de irrigação a 40% da ETC;

L60 – Lâmina de irrigação a 60% da ETc; L80 – Lâmina de irrigação a 80% da ETc; L100 – Lâmina de irrigação a 100% da ETc.

Estes resultados se apresentam distintos dos encontrados por Valnir Junior et al. (2015) em pesquisa realizada com a pimenta *Capsicum frutescens*, cv. Tabasco, no Ceará, em que observaram um ajuste dos dados de EUA a uma tendência polinomial de segunda ordem, em função das lâminas de água aplicadas (20, 40, 60 80 e 100% da evapotranspiração da cultura, com ETc estimada com kc recomendado por Miranda et al. (2006) e ETo estimada por mitanque evaporímetro Classe A.

Os valores médios da EUA variaram de 2,14 kg m⁻³ a 2,84 kg m⁻³. Estes valores mostraram-se semelhantes aos indicados por Doorenbos e Kassam (2000), concernente ao gênero *Capsicum* (1,5 a 3,0 kgm⁻³).

Azevedo et al. (2005), trabalhando com pimenta ‘Tabasco’, em Pentecoste - CE, com diferenciações de lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120 % ECA), aplicadas nas fase de florescimento e de frutificação, constataram que o maior valor absoluto de eficiência de uso da água foi de apenas 1,85 g mm⁻¹ de água, para uma lâmina de 60% da evaporação do tanque Classe A. Entretanto, quando se multiplica este valor por 0,75 (fator do tanque classe A) obtém-se EUA = 1,39 g mm⁻¹. Para o *Capsicum anum*, conduzido sob diferentes níveis de evapotranspiração cumulativa do tanque Classe A, os valores de EUA foram mais elevados (4,7 a 7,7 kg m⁻³) para os tratamentos com menores intervalos de irrigação (3 a 6 dias), sendo recomendados para a pimenta, para que se obtenham altas produtividades e frutos de melhor qualidade (SEZEN et al., 2006).

Dorji et al. (2005) verificaram que o pimentão cultivado sob condições de molhamento parcial de raízes e de déficit hídrico proporcionou uma economia de água da ordem de 50% bem como um incremento de 67,5 e 42,5% na eficiência de uso de água, respectivamente quando comparadas à irrigação plena (100% ETc). Carvalho et al. (2011) verificaram efeitos negativos do excesso e déficit hídrico aplicado na cultura do pimentão em condição de ambiente protegido, em Lavras, MG, observando-se maior EUA (7,47 kg m⁻³), com a aplicação de 334,1 mm.

No presente estudo constata-se um maior valor absoluto de eficiência de uso de água quando se aplicou um déficit hídrico de 60% a partir da fase vegetativa, com uma economia de água de 226,1 mm. Do mesmo modo, em pesquisa realizada por Valnir Junior et al. (2015), em Sobral - CE, ao utilizar a mesma cultivar e sob ambiente protegido, verificando-se um maior valor (2,55 kgm⁻³) de EUA também com o déficit de água de 60%, aplicado a partir dos 20 DAT, com economia de água de cerca de 207 mm.

6 CONCLUSÕES

1. O déficit de irrigação inicializado na fase vegetativa acarreta maior redução na produção total de frutos de pimenta cv. Tabasco.
2. A qualidade da pimenta cv. Tabasco não foi prejudicada pelo déficit hídrico.
3. A eficiência no uso de água da pimenta Tabasco não foi influenciada pelo déficit e nem pela época de imposição deste.
4. O máximo déficit hídrico inicializado na fase de vegetativa proporcionou uma economia de água de 226,1 mm, num ciclo de 208 DAT da pimenteira cv. Tabasco, em ambiente protegido no Sudeste brasileiro.

7 AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, especialmente, ao Programa de Irrigação e Drenagem. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos. Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. da S.; SILVA, E. F. F, ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; LIMA, G.S. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, p. 481 - 493, 2012.

ALONI, B., PASHKAR, T., KARNI, L. Partitioning of (¹⁴C) sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their Abscission under heat stress. **Annals of Botany**. Palo Alto, v.67, n.5, p.371–377, 1991.

ALONI, B., KARNI, L., ZAIDMAN, Z., RIOV, Y., HUBERMAN, M., GOREN, R. The Susceptibility of pepper (*Capsicum annuum* L.) To heat-induced flower abscission. Possible involvement of ethylene. **Journal Horticultural Science**. Palo Alto, v.69, n. 5, p.923-928, 1994.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera:** introdução ao tratamento biofísico. Balanço hídrico da planta. Piracicaba: O autor, 2002. 272 p.

AZEVEDO, B. M. de; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; AQUINO, B. F.; BEZERRA, F. M. L. & VIANA, T. V. A. Rendimento da pimenteira em função de lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.3, p.268-273, 2005.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F.C.; AQUINO, R.F.; FREITAS, W.A.; 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.569–574, 2011.

CHAVES, S.W.P. **Coeficiente de cultivo, necessidade hídrica e adubação nitrogenada na cultura da pimenta**. 2004. 59 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

CHAVES, S.W.P. **Efeito da alta frequência de irrigação e do “mulching” plástico na produção de pimenta ‘Tabasco’ fertirrigada por gotejamento**, 2008. 154p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DALMAGO, G.A.; HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; LUZZA, J.; TAZZO, I.F.E.; TRENTIN, G. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.

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

DORJI, K.; BEHBOUDIAN, M.H.; ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, n.2, p.137–149, 2005.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em<: <http://faostat.fao.org>. Acesso em 13 de julho de 2016.

FERNÁNDEZ, M. D.; GALLARDO, M.; BONACHELA, S.; ORGAZ, F.; THOMPSON, R.B.; FERERES, E. Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n.1, p.87–96, 2005.

FRIZZONE, J.A.; MATIOLI, C.S.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A. Viabilidade econômica de irrigação suplementar em cana-de-acúcar, *Sacharum spp.*, para a região Norte do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.23, n.5, p.1131-1137, 2001.

FODAY, T. I.; XING, W.; SHAO, G.; HUA, C. Effect of water use efficiency on growth and yield of hot pepper under partial root-zone drip irrigation condition. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 3, n. 1, p.1-14, 2012.

GUANG-CHENG, S.; NA, L.; ZHAN-YU, Z.; SHUANG-EN, Y.; CHANG-REN, C. Growth, yield and water use efficiency response of greenhouse-grow hot pepper under timer-space deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.126, p.172-179, 2010.

GONZÁLEZ-DUGO, V; ORGAZ, F.; FERERES, E. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, p. 77–82, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

KLAR, A. E.; JADOSKY, S. O. Irrigation and mulching management for sweet pepper crop in protected environment. **Revista Irriga**, Botucatu, v.9, p.217-224, 2004.

LIMA, E. M. de C.; CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; THEBALDI, M.S. ; GATTO, R.F. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1181–1187, 2013.

LOPES, C. A. et al. Pimenta (*Capsicum* spp.): importância econômica. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/importanciaeconomica.html>. Acesso em: 10 ago. 2015.

MARINHO, L. B. **Irrigação plena e com déficit em pimenta cv. Tabasco em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ, 2011.102p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAULA, F.L.M.; FRIZZONE, J.A.; PAULA, A. L.de; DIAS, C.T. dos S. Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.1, p.133-138, 2011.

van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo; FUNDAG, 1997. 285 p. (IAC. Boletim, 100).

ROSENBERG, N.J.; MCKENNEY, M.S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world, a review and a simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.47, p.199-209, 1989.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; EKER, S. Efeitos de regimes de irrigação no rendimento e qualidade em campo de pimenta. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, p.115-131, 2006.

VALNIR JUNIOR, M.; VASCONCELOS, A.J.F.; LIMA, L.S.de S.; SILVA, K.F.; CARVALHO, C.M. Eficiência do uso da água em pimenta da espécie *Capsicum frutescens* L., variedade tabasco. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v.8, n.3, p.53-61, 2015.