

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA DO PIMENTÃO EM FUNÇÃO DO EVAPORÍMETRO DE PICHE E PARÂMETROS DE CRESCIMENTO EM ESTUFA PLÁSTICA

MAXIMUM EVAPOTRANSPIRATION OF SWEET PEPPER GROWN BASED UPON “PICHE” EVAPORATION AND PARAMETER OF GROWN PLANT IN PLASTIC GREENHOUSE

Carina Rejane Pivetta¹; Arno Bernardo Heldwein²; Ivonete Fátima Tazzo³; Ivan Carlos Maldaner⁴; Anderson Rafael Webler⁵

¹ Eng.^a Agr.^a. Aluna de doutorado do PPG em Agronomia, Bolsista CAPES, UFSM. Fone:0xx(55)32208179 (crpivetta@bol.com.br).

² Eng. Agr., Dr. Prof. Tit. Dep. de Fitotecnia, UFSM. Bolsista do CNPq.

³ Eng.^a. Agr.^a. Aluna de doutorado do curso de PPG em Agronomia, UFSM, bolsista CNPq.

⁴ Eng.^a. Agr.^o. Aluno de mestrado do curso de PPG em Engenharia Agrícola, UFSM, bolsista CAPES.

⁵ Aluno do curso de Agronomia, UFSM, bolsista PRAE/UFSM.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O objetivo do trabalho foi obter modelos para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica, através da evaporação no Piche, com ou sem a inclusão de uma variável meteorológica medida em horários fixos, na época de primavera em Santa Maria, RS. O evaporímetro foi instalado no interior da estufa, fora do abrigo meteorológico e exposto à radiação solar, sendo a Epi diária obtida pela diferença de nível da água entre dois dias subseqüentes. A evapotranspiração máxima (ET_m) foi determinada em lisímetros de drenagem com substrato, e o valor diário contabilizado pela diferença entre as irrigações e a drenagem do dia n e n+1, respectivamente. Os melhores modelos ($R^2 > 0,8$) para a estimativa da ET_m diária foram os que incluíram além da Epi e uma variável fenométrica, como índice de área foliar (IAF), altura de plantas (AP) e número de folhas (NF), as variáveis meteorológicas, temperatura média do ar e déficit de saturação do ar medido as 9 e 15 horas respectivamente, no interior da estufa. Os modelos que incluíram somente a Epi com o NF ou IAF foram os mais precisos por utilizarem parâmetros que seriam mais representativos do tamanho do aparato transpiratório da planta.

Palavras chaves: Evapotranspiração, ambiente protegido, *Capsicum annuum*.

ABSTRACT: The objective of the work was to get models esteem the maximum evapotranspiration of sweet pepper cultivated in plastic greenhouse, through the evaporation in the Piche, with or without the inclusion of meteorological variable measured in fixed schedules, at the time of Spring in Santa Maria, RS. Evaporimeter was installed in the inside of the greenhouse, is of the meteorological and displayed shelter to the solar radiation, being daily Epi gotten by the difference of water level between two days subsequent. The maximum evapotranspiration (ET_m) was determined in lysimeters of drainage with substratum, and the daily value entered by the difference between the irrigations and the drainage of day n and n+1, respectively. Best models ($R^2 > 0,8$) for the estimate of the daily ET_m had been the ones that had included beyond Epi and a plant variable, as leaf area index (LAI), height of plants (AP) and leaf number (NF), the meteorological variable, average temperature of air and vapour pressure déficit of saturation of measured air the 9 and 15 hours respectively, in the inside of the greenhouse.

The models that had only included Epi with NF or LAI had been most necessary for using parameters that would be more representative of the size of the transpiration of the plant.

Key works: Evapotranspiration, greenhouse, *Capsicum annuum*.

INTRODUÇÃO: Evapotranspiração é um processo ecofisiológico das plantas como forma de dissipar energia e manter o metabolismo para o crescimento e o desenvolvimento. A evaporação e a evapotranspiração são fenômenos que ocorrem naturalmente e variam de acordo com as condições meteorológicas. No interior das estufas, devido à cobertura plástica, ocorrem alterações das variáveis meteorológicas, benéficas ao desenvolvimento das plantas, seja no período normal de cultivo das espécies ou na entressafra, ampliando o período de produção na região sul do país (DALSASSO et al., 1997), onde é comum durante o período de inverno a ocorrência de temperaturas mínimas inferiores às toleradas pela espécie. Essas vantagens são atribuídas principalmente à atenuação das variações extremas dos elementos meteorológicos desfavoráveis a essas culturas no ambiente externo (ROBLEDO & MARTIN, 1981), tais como, a redução da radiação solar incidente (BURIOL et al., 1995), velocidade do vento (GALVANI et al., 1998), aumento da temperatura do ar e do solo e da umidade relativa do ar (HELDWEIN et al., 2001) em relação ao ambiente externo, o que diminui a magnitude da evaporação e evapotranspiração. Outro fator que é beneficiado pelo cultivo em estufas é a irrigação, uma vez que na ausência de precipitação, toda a água necessária para o desenvolvimento das plantas deve ser fornecida. Estima-se que o cultivo em estufa no Brasil chega a dois mil e duzentos hectares e dentre as espécies cultivadas o pimentão é uma das mais expressivas, uma vez que em condições naturais, em função de suas exigências térmicas, tem seu cultivo restrito à época mais quente do ano. Por ser uma das hortaliças de maior importância comercial, no Rio Grande do Sul os preços aumentam na entressafra, o que leva a uma crescente expansão da área cultivada em estufas. No caso do pimentão a adequada suplementação hídrica desta cultura que é exigente em água, constitui um fator de aumento na produtividade e qualidade dos frutos, sendo fundamental que a mesma seja feita com base em critérios técnicos para evitar perdas. Neste contexto a irrigação deve ser feita de acordo com a demanda hídrica do interior da estufa, o que requer uma modelagem da evapotranspiração máxima (ET_m) diferente daquela utilizada para o ambiente externo. Estabelecendo uma relação entre a ET_m e alguns parâmetros de crescimento das plantas, como índice de área foliar, número de folhas e elementos meteorológicos que podem ser medidos internamente ou externamente a estufa, é possível determinar as necessidades hídricas para cada estágio de desenvolvimento das espécies hortícolas. Isso é factível mediante a modelização permitindo ampliar a aplicação dos resultados para uma região de abrangência muito maior, desde que envolvam elementos meteorológicos que têm representatividade para áreas relativamente grandes. Geralmente o que se encontra na literatura são referências à relação da ET_m com a radiação solar, como sendo a forma mais utilizada para estimar as necessidades hídricas dos cultivos em estufas. Para buscar outras alternativas e simplificar esses modelos existentes e reduzir os custos de medição das variáveis, vem se desenvolvendo estudos referentes a utilização de evaporímetros, que apresentam a vantagem de serem facilmente manejados e alguns tipos podem ser mantidos acima do nível do dossel e, conseqüentemente, possibilitam evitar o efeito do sombreamento pela cultura. Desta forma, uma alternativa simples para quantificar a água a ser irrigada, pode ser a utilização da evaporação medida no evaporímetro de Piche em modelos que incluem pelo menos uma variável de crescimento (HELDWEIN et al., 2001), por este estar exposto a radiação solar de forma similar às folhas das plantas e a superfície de evaporação apresentar algumas propriedades físicas similares às folhas. O objetivo do trabalho foi obter modelos para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica, através da evaporação no Piche, com ou sem a inclusão de uma variável de medida em horários fixos, na época de primavera em Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em estufa plástica com 240m², na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa. O manejo de abertura e fechamento da estufa foi realizado conforme as condições meteorológicas no decorrer do dia. A adubação foi realizada conforme a análise do solo e a incorporação do adubo realizada no momento da construção dos camalhões, os quais foram recobertos com polietileno de baixa densidade (PEBD) opaco preto. A variedade de pimentão (*Capsicum annuum*) cultivada foi a Vidi, sendo o transplante realizado em 09/08/2005 e o ciclo finalizado em 18/12/2005. A evapotranspiração máxima (ETm) foi determinada em três repetições de lisímetros de drenagem com substrato (LS), construídos conforme (VALANDRO et al., 1999). Em cada LS foram cultivadas cinco plantas no interior de sacolas plásticas preenchidas com 8 litros de substrato comercial e acondicionadas em uma calha de PVC com 1,5 m de comprimento. A ETm de cada dia foi contabilizada pela diferença de volume de água irrigada e drenada nas duas irrigações diárias, sendo o fornecimento da água interrompido ao iniciar a drenagem do excedente, recolhido em um recipiente na base do lisímetro. A evaporação foi determinada em 3 evaporímetros de Piche instalados próximos aos LS, fora do abrigo meteorológico e acima do dossel de plantas, de forma que não fossem sombreados pelas plantas, sendo a evaporação diária obtida pela diferença de nível da água entre dias subsequentes. A leitura diária do nível da água em cada Piche era realizada entre 7:00 e 8:00 da manhã. O disco de papel filtro que constituía a superfície evaporante, com uma área de 13,2cm², localizado na base do evaporímetro foi substituído a cada sete dias, ou em casos de danos mecânicos. Semanalmente foram feitas medidas do comprimento de todas as folhas e altura a de 2 plantas em cada LS, para determinar o índice de área foliar (IAF), altura de plantas (AP) e número de folhas (NF). Foi instalado um datalogger par coleta a cada dez minutos dos dados de dois pares psicrométricos instalados a 1,5m de altura e de um tubo solarímetro. Os dados foram divididos em DAT pares, com os quais foram gerados os modelos por análise de regressão simples e múltipla e DAT ímpares, nos quais foram realizados os testes para validação dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na primavera, durante os 126 dias de duração do período experimental, a ETm do pimentão atingiu 101,52mm, totalizando uma média diária de 0,81mm. Para a evaporação medida no evaporímetro de Piche o valor total durante o ciclo foi de 353,86mm e uma média diária de 2,80 mm. O valor médio diário de ETm encontrado para o pimentão, é considerado baixo por ser no período de primavera, onde as condições meteorológicas tendem a elevar a demanda hídrica atmosférica e conseqüentemente a maior evapotranspiração. Este comportamento pode ser explicado pelo IAF das plantas que alcançou um valor máximo de 1,5 somente no final do experimento (Figura 1), não contribuindo para aumentar a área transpirante desde o início do experimento. Até os 60 DAT a ETm se manteve inferior a 0,5 mm dia⁻¹, provavelmente devido a ocorrência de um período chuvoso, com uma menor densidade do fluxo de radiação no ambiente externo e interno e também aos baixos valores de IAF da cultura, bem como devido a utilização do "mulching" plástico sobre a superfície do solo, reduzindo as perdas por evaporação. Após os 60 DAT verificou-se um aumento progressivo da ETm, em decorrência do aumento do fluxo de radiação solar e do comprimento do dia, fazendo com que a estufa permanecesse por mais tempo aberta, facilitando a retirada do vapor d'água no seu interior. O valor máximo de ETm (2,66 mm), ocorreu aos 106 DAT, coincidindo com valores elevados de radiação solar e velocidade do vento a 2 m, que atingiu 63,3 m s⁻², aumentando a retirada de vapor d'água do interior da estufa e conseqüentemente elevando o déficit de saturação do ar nesse ambiente. No início do ciclo quando as plantas encontravam-se com um IAF menor que 1,0 a correlação entre a ETm e Epi não foi satisfatória (Figura 1). Uma vez que neste período as condições ambientais favoreceram a elevação da demanda hídrica atmosférica, e desta forma a maior evaporação, já que a evaporação é basicamente condicionada pelo poder evaporante do ar. Porém as plantas, pela pequena área transpirante, não alcançaram a magnitude da Epi.

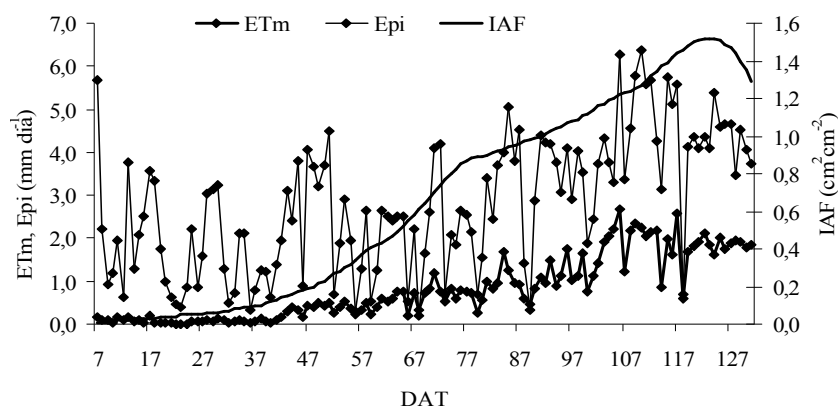


Figura 1. Variação da evapotranspiração máxima diária (ETm), da evaporação medida no evaporímetro de Piche (Epi) e do índice de área foliar (IAF), em função dos dias após transplante (DAT), para o pimentão cultivado na primavera em estufa plástica. Santa Maria- RS, 2005.

Através da análise de regressão foram selecionados 33 modelos que apresentaram um coeficiente de determinação (R^2) maior do que 0,80, com todos os seus coeficientes angulares significativos pelo teste t a 5% de probabilidade de erro. Na Tabela 1 estão apresentados os modelos de regressão linear obtidos para estimativa da ETm com os seus respectivos coeficientes de determinação, indicando que a ETm para o pimentão pode ser estimada a partir de determinações simples e pontuais de variáveis meteorológicas e fenométricas medidas no interior da estufa. Em todos os modelos foi incluído a Epi, e um parâmetro que representasse a condição de crescimento da planta como o IAF, a AP, e o NF, além do uso em alguns modelos de variáveis meteorológicas pontuais medidas no interior da estufa. Os modelos 14, 20 e 21 são considerados os de mais fácil utilização, principalmente a nível de produtor, porque utilizam apenas a Epi com uma variável fenométrica (Tabela 1). Os modelos 14 e 20 que incluíram além da Epi, a AP e o NF os que apresentaram o melhor ajuste ($R^2=0,87$), porém ao utilizar uma medida da AP em um modelo de estimativa da ETm (Modelo 20), incorreria-se em erro pela grande variabilidade que pode ocorrer entre plantas. Já os modelos 14 e 21 se tornam mais precisos por utilizarem o NF e o IAF da cultura, parâmetros que seriam mais representativos do tamanho do aparato transpiratório da planta. Os demais modelos todos com um bom ajuste ($R^2 \geq 0,80$) utilizaram além da Epi mais uma variável independente, medidas no interior da estufa, predominando o déficit de saturação do ar das nove ou das quinze horas como sendo o elemento meteorológico que melhor estimou, juntamente com a Epi, a ETm do pimentão. Portanto os respectivos modelos podem ser utilizados para determinação da necessidade de irrigação da cultura do pimentão e os modelos que utilizaram apenas a evaporação do Piche com uma variável fenométrica (Modelos 14, 20 e 21) podem ser utilizados com um bom ajuste, sendo esta mais uma alternativa para os produtores que trabalham com estufas plásticas.

CONCLUSÃO: A evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em Santa Maria-RS pode ser estimada através de modelos matemáticos que utilizam como variável independente a evaporação medida no evaporímetro de Piche juntamente com uma variável fenométrica e são melhorados com medidas pontuais diárias do déficit de saturação do ar, temperatura mínima ou das nove horas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURIOL, G. A.; STRECK, N. A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F. M. Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufa. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.1, p.1-4, 1995.

DALSASSO, L.C.M., HELDWEIN, A.B., BURIOL, G.A. et al. Consumo d'água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.5, n.1, p.61-67, 1997.

GALVANI, E. et al. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L) cultivada em casas de vegetação com orientação leste-oeste, norte-sul e condições externas. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.6, n.2, p. 157-163, 1998.

HELDWEIN et al. Utilização do evaporímetro de Piche exposto á radiação solar para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão em estufa plástica. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.9, n.2, p. 213-217, 2001.

ROBLEDO, F.P., MARTIN, L.V. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.

VALANDRO, J., ANDRIOLO, J.L., BURIOL, G.A. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.7, n.2, p. 189-193, 1999.

Tabela 1. Modelos de regressão para estimativa da evapotranspiração máxima (*ETm*) do pimentão cultivado em estufa plástica na primavera em 2005. Santa Maria, RS (Utilizando os dados dos dias pares da série)

Nº	Modelos de regressão	R ²
1	$ETm = -0,56428 + 0,01935AP + 0,12319 Epi + 0,05825 D9i$	0,89
2	$ETm = -0,30570 + 0,74048IAF + 0,12881 Epi + 0,05333D9i$	0,88
3	$ETm = -0,35920 + 0,01094NF + 0,13296Epi + 0,05263D9i$	0,88
4	$ETm = -0,58019 + 0,02046AP + 0,12172 Epi + 0,019662D15i$	0,88
5	$ETm = -0,87863 + 0,00930NF + 0,15768Epi + 0,03578T9i$	0,88
6	$ETm = -0,30689 + 0,78602IAF + 0,12408Epi + 0,01830D15i$	0,87
7	$ETm = -0,79003 + 0,73079IAF + 0,16280Epi + 0,03278T9i$	0,87
8	$ETm = -0,36500 + 0,01151NF + 0,14040Epi + 0,01593D15i$	0,87
9	$ETm = -0,88473 + 0,00948NF + 0,18908Epi + 0,03267Tmi$	0,87
10	$ETm = -0,99128 + 0,01633AP + 0,17007Epi + 0,03155T9i$	0,87
11	$ETm = -0,82712 + 0,64157IAF + 0,18786Epi + 0,03195Tmi$	0,87
12	$ETm = -0,70747 + 0,72543IAF + 0,16129Epi + 0,02070T15i$	0,87
13	$ETm = -0,76905 + 0,00929NF + 0,23875Epi + 0,02907Tmini$	0,87
14	$ETm = -0,38677 + 0,01186NF + 0,21404Epi$	0,87
15	$ETm = -1,03004 + 0,01663AP + 0,19411Epi + 0,03068Tmi$	0,87
16	$ETm = -0,81522 + 0,01080NF + 0,16576Epi + 0,02112Tmaxi$	0,86
17	$ETm = -0,76873 + 0,72967IAF + 0,16229Epi + 0,02142Tmax$	0,86
18	$ETm = -0,75981 + 0,01074NF + 0,16389Epi + 0,02070T15i$	0,86
19	$ETm = -0,93412 + 0,01623AP + 0,24092Epi + 0,02854Tmini$	0,86
20	$ETm = -0,60674 + 0,02071AP + 0,21664Epi$	0,86
21	$ETm = -0,32894 + 0,80186IAF + 0,21113Epi$	0,86
22	$ETm = IAF^{0,5}(-0,16071 + 0,00998AP + 0,10888Epi + 0,06585Di)$	0,83
23	$ETm = IAF^{0,5}(-0,67623 + 0,00668AP + 0,19301Epi + 0,03543Tmi)$	0,82
24	$ETm = IAF^{0,5}(-0,15863 + 0,01047AP + 0,15585Epi + 0,03938D9i)$	0,82
25	$ETm = IAF^{0,5}(-0,54918 + 0,00643AP + 0,24586Epi + 0,03155Tmini)$	0,82
26	$ETm = IAF^{0,5}(-0,65875 + 0,00318NF + 0,19468Epi + 0,03919Tmi)$	0,82
27	$ETm = IAF^{0,5}(-0,16831 + 0,01120AP + 0,15100Epi + 0,01406D15i)$	0,82
28	$ETm = IAF^{0,5}(-0,04895 + 0,00516NF + 0,11524Epi + 0,06613Di)$	0,81
29	$ETm = IAF^{0,5}(-0,58372 + 0,00952AP + 0,17241Epi + 0,02054Tmaxi)$	0,81
30	$ETm = IAF^{0,5}(-0,52881 + 0,00289NF + 0,25484Epi + 0,03554Tmini)$	0,81
31	$ETm = IAF^{0,5}(-0,48212 + 0,00477NF + 0,16807Epi + 0,02334T15i)$	0,81
32	$ETm = IAF^{0,5}(-0,51326 + 0,00492NF + 0,1737Epi + 0,02227Tmaxi)$	0,80
33	$ETm = IAF^{0,5}(-0,18734 + 0,01139AP + 0,21902Epi)$	0,80

*Todos os coeficientes angulares são significativos pelo teste t a 5% de probabilidade de erro; r²= coeficiente de determinação, *Epi*= evaporação no evaporímetro de Piche (mm); *AP* = altura de plantas; *IAF*= índice de área foliar; *NF*= número de folhas; *D9*, *D15* = déficit de saturação do ar interno (hPa) das 9 e 15 h respectivamente; *Tm*, *Tmin*, *Tmax*= temperatura média, mínima e máxima do ar (°C) respectivamente; *T9*, *T15*= temperatura do ar das 9 e 15 h (°C) respectivamente.