

# MODELIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA DA ABÓBORA ITALIANA CULTIVADA EM ESTUFA PLÁSTICA

Arno Bernardo HELDWEIN<sup>1</sup>, Luciano STRECK<sup>2</sup>, Flavio Miguel SCHNEIDER<sup>3</sup>, Astor Henrique NIED<sup>4</sup>, Ivonete Fátima TAZZO<sup>5</sup>, Edenir Luis GRIMM<sup>6</sup>

## Introdução

O cultivo em estufa plástica possibilita obter um nível considerável de controle das condições ambientais e do desenvolvimento das culturas. Por essa razão as modelizações matemáticas de culturas cultivadas a campo, como a abóbora italiana, não são válidas para os mesmos cultivos no interior de estufas (GARY et al., 1998).

A obtenção de modelos matemáticos para o gerenciamento do manejo das diferentes culturas, principalmente relacionados a sua evapotranspiração, é de grande importância para a prática agrícola. A água necessária para o ciclo de uma cultura está diretamente relacionada ao crescimento vegetal, à produtividade e à qualidade da produção (JONES & TARDIEU, 1998).

Devido às variações na estimativa da evapotranspiração através do balanço hídrico do solo ( $cv = 42\%$ ), VILLAGRA et al. (1995) sugere que aproximações baseadas em observações atmosféricas são uma escolha mais segura para a estimativa da evapotranspiração de uma cultura. Segundo DALMAGO (2001) tanto variáveis medidas no interior ou no exterior das estufas podem oferecer bons parâmetros para controle das necessidades hídricas das culturas.

Destaca-se a falta de modelos para a estimativa da evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ) para o cultivo da abóbora italiana em estufa plástica. Também há a necessidade de obtenção de modelos que sejam pouco complexos e de boa aplicabilidade, como o modelo preconizado por HELDWEIN et al. (2001) baseado na evaporação em evaporímetro de Piche, exposto ao sol no interior da estufa para a estimativa da  $ET_m$  da cultura do pimentão.

O objetivo do trabalho foi obter modelos para a estimativa da  $ET_m$  para a cultura da abóbora italiana em função da evaporação de água no interior da estufa, de variáveis fenométricas e de elementos meteorológicos.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no período de 1º de março a 10 de maio de 2001, no interior de uma estufa plástica com cobertura em forma de arco e área de 240 m<sup>2</sup>, localizada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Utilizou-se a abóbora italiana, cultivar caserta, cultivada em fileiras pareadas constituídas de camalhões cobertos com filme plástico de cor preta ("mulching"). O espaçamento entre as plantas nas duas fileiras pareadas foi de 0,80 m e a distância entre estas e as fileiras pareadas adjacentes foi de 1,50 m.

A partir da medida semanal da maior largura das folhas foi estimada a área do limbo de cada folha ( $A_{LF}$ ), através da equação matemática definida por TRENTIN et al. (2000). Os valores diários de área foliar total de cada planta foram obtidos por interpolação, permitindo o cálculo do índice de área foliar diário ( $IAF_m$ ). Também foi determinado o número de folhas por planta ( $nF$ ).

A evapotranspiração foi determinada por balanço hídrico do solo em onze minilísimetros de drenagem, nos quais instalou-se tensiômetros de cápsula porosa e extratores da água drenada sob vácuo, e ainda pela diferença entre o volume irrigado e o drenado em nove lisímetros preenchidos com substrato. Para fins de análise, os valores de  $ET_m$  foram obtidos pela média aritmética entre a evapotranspiração nos minilísimetros com solo e nos lisímetros com substrato, previamente ajustada a um mesmo índice de área foliar médio.

Os dados meteorológicos do interior da estufa foram armazenados a intervalos de 10 minutos por um aquisitor eletrônico de dados. Utilizou-se dois tubos solarímetros, marca  $\Delta$ -T, com um metro de comprimento, para medida da radiação solar incidente no interior da estufa. Para medida da temperatura do ar utilizaram-se dois sensores Pt-100 de resistência elétrica, formando um par psicrométrico não aspirado, alojado num miniabrigo meteorológico a 1,5 m da superfície do solo. Os valores diários das variáveis meteorológicas no exterior da estufa foram obtidos na Estação Meteorológica Principal de Santa Maria localizada a 100 m do local do experimento.

Para quantificar a evaporação no interior da estufa foram utilizados quatro minitanques ( $Ev_{pi}$ , em mm) com formato circular ( $\varnothing = 0,278$  m e  $h = 0,353$  m) e dois evaporímetros de Piche ( $Ev_{phi}$ , em mm), ficando as suas superfícies de evaporação a 1,5 m do solo e expostas à radiação solar.

Foram obtidos modelos de regressão, simples e múltiplos, para estimativa da  $ET_m$  diária da cultura da abóbora italiana, considerando-se, para isso, a  $ET_m$  e a  $ET_m$  por unidade da raiz quadrada do índice de área foliar ( $ET_{mrf}$ ) e suas relações com as variáveis fenométricas e meteorológicas.

A seleção dos melhores modelos foi realizada com base no coeficiente de determinação dos respectivos modelos maior que 0,60 e da significância dos coeficientes pelo teste t, considerando 5% de probabilidade de erro. Os melhores modelos foram avaliados analisando-se o desempenho dos mesmos a partir do coeficiente de determinação do teste ( $r^2$  da relação entre a  $ET_m$  estimada e a medida) e dos coeficientes linear e angular da relação 1:1.

<sup>1</sup> Eng. Agr., Dr., Prof. titular do Departamento de Fitotecnia, UFSM, 97105-900 Santa Maria, e-mail: heldwein@creta.ccr.ufsm.br, bolsista CNPq.

<sup>2</sup> Eng. Agr., doutorando do PPG em Agronomia, UFSM, bolsista CAPES.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Prof. do Departamento de Fitotecnia, doutorando do PPG em Agronomia, UFSM.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Mestre pelo PPG em Agronomia, UFSM.

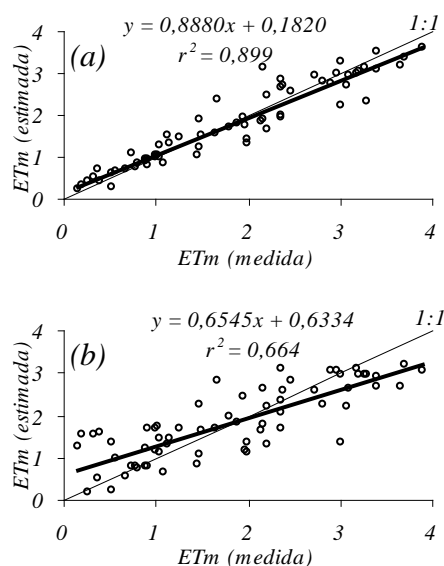
<sup>5</sup> Eng. Agr., Aluna de mestrado do PPG em Agronomia, UFSM, bolsista CAPES.

<sup>6</sup> Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista BIC/FAPERGS.

## Resultados e discussão

Na obtenção de modelos, a utilização direta do  $IAFm$  e do número de folhas ( $nF$ ) como variáveis independentes, não resultou em bons coeficientes de determinação. Somente com a transformação dessas variáveis, através da extração da raiz quadrada ( $IAFm^{0,5}$  e  $nF^{0,5}$ , respectivamente), obteve-se melhores estimativas da  $ETm$ , principalmente no que diz respeito a aproximação da reta 1:1 e seus coeficientes quando da comparação entre valores estimados e medidos. Assim, os valores pequenos dessas variáveis assumiram maior peso frente aos valores próximos ao final do ciclo.

As variáveis fenométricas contribuíram para a acurácia da estimativa da evapotranspiração máxima da cultura. Isso pode ser verificado pela avaliação apresentada na Figura 1, feita para os modelos:  $ETm = IAFm^{0,5}(-1,089676 - 0,216406ETpen^2 + 1,676926ETpen + 0,058387insl)$  ( $r^2=0,841$ ) e  $ETm = -1,866876 - 0,799349 ETpen^2 + 3,173751 ETpen + 0,195673 insl$  ( $r^2=0,636$ ) obtidos por regressão com variáveis externas à estufa plástica, sendo  $ETpen$  a evapotranspiração de Penman e  $insl$  a insolação diária.



**Figura 1.** Relação entre a evapotranspiração máxima medida e a estimada por modelos que tem como variável dependente a  $ETm$  dividida pela raiz quadrada do  $IAFm$  (a) e a  $ETm$  sem essa transformação (b).

Os melhores modelos, a partir de variáveis externas, foram gerados com variáveis independentes de obtenção mais complexa, como a evapotranspiração calculada por Penman-Monteith ou por Penman, o saldo de radiação solar e o déficit de saturação de vapor d'água. Dessa forma, a sua utilização pode ser estendida àqueles que produzem na área de abrangência das estações meteorológicas, onde essas variáveis são obtidas criteriosamente por pessoas treinadas.

As variáveis meteorológicas medidas no interior da estufa proporcionaram a obtenção de coeficientes de determinação mais elevados do que as variáveis externas. Além disso os modelos internos apresentaram valores de  $ETm$  estimados com maior aproximação dos valores medidos, segundo a reta 1:1 e a comparação entre os seus coeficientes lineares e

angulares. O fato de haver uma baixa correlação entre a  $ETm$  e as variáveis meteorológicas externas à estufa plástica provavelmente está associado ao maior tempo que o ambiente interno fica vedado à circulação de ar no período de outono.

Os melhores modelos, com variáveis observadas exclusivamente no interior da estufa plástica foram aqueles que envolveram a radiação solar incidente ( $Rg$ ), seguidos dos modelos gerados com as medidas de evaporação em tanques de tamanho reduzido ( $Evpi$ ) e em evaporímetros de Piche instalados expostos a radiação solar ( $Evphi$ ). Nesses modelos as variáveis sempre foram associadas aos dados de temperatura do ar e à raiz quadrada do índice de área foliar.

Observou-se que a temperatura tem um papel importante para modelos que são considerados de baixa complexidade e que foram gerados a partir de variáveis fenométricas e meteorológicas do interior da estufa. Normalmente em cultivos outonais ocorre maior número de períodos em que as condições meteorológicas são de céu encoberto e ou chuvoso. Sendo assim, durante o dia o ar mais quente do interior da estufa assume importante contribuição no aporte de energia para o processo de evapotranspiração nas folhas.

Destacam-se os modelos matemáticos  $ETm = IAFm^{0,5}(-1,280557 - 0,050327Evphi^2 + 0,554261Evphi + 0,073593Tmxe)$  e  $ETm = IAFm^{0,5}(-0,75772 - 0,06805Evphi^2 + 0,716039Evphi + 0,041961Tmxi)$ , onde  $Tmxe$  e  $Tmxi$  são as temperaturas máximas externa e interna respectivamente, por apresentarem apreciável coeficiente de determinação na análise de regressão entre os valores de  $ETm$  medidos e estimados ( $r^2 = 0,843$  e  $r^2 = 0,813$ , respectivamente), indicando a possibilidade de utilização dos mesmos na estimativa da  $ETm$  pela utilização da evaporação no evaporímetro de piche ( $Evphi$ ), conforme verificado por HELDWEIN et al. (2001).

## Referências bibliográficas

- DALMAGO, G. A. **Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em estufa plástica**. Santa Maria, 2001. 165p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), curso de Pós-Graduação em Agronomia/UFMS. 2001.
- GARY, C.; JONES, J.W.; TCHAMITCHIAN, M. Crop modelling in horticulture: state of the art. **Scientia Horticulturae**, v. 74, p. 3-20, 1998.
- HELDWEIN, A.B. et al. Utilização do evaporímetro de Piche exposto à radiação solar para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 213-217, 2001.
- JONES, H. G. & TARDIEU, F. Modelling water relations of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 74, p. 21-46, 1998.
- TRENTIN, G. et al. Determinação não destrutiva da área foliar de plantas de abobrinha italiana. In: XV JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA. **Anais...** Santa Maria, CCR/UFMS, 2000. p. 386.
- VILLAGRA, M. M. et al. Difficulties of estimating evapotranspiration from the water balance equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 72, p. 317-325, 1995.