

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-VAGEM CULTIVADO
EM SUBSTRATO EM ESTUFA COM SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CALEFAÇÃO¹**

**EVAPOTRANSPIRATION AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF SNAP BEAN
CULTIVATED IN PLASTIC GREENHOUSE WITH A VENTILATED/HEATING SYSTEM
UNDER SUBSTRATUM**

Sergio Roberto Martins² e Jesus Fernandez Gonzalez³

RESUMO

Foi determinada a evapotranspiração real (ETR) do feijão-vagem cultivado em substrato (perlita) em estufa plástica dotada de sistema de calefação e ventilação, durante a primavera, bem como estimada a evapotranspiração de referência (ETo) no interior e exterior da estufa pelo método de Penmann. Os dados de ETR e ETo apresentaram boa correlação entre si. Foi avaliada também a relação entre radiação solar global no interior e exterior da estufa, bem como a contribuição desta no processo de evapotranspiração da cultura. Foram observadas as seguintes respostas fisiológicas ao longo do ciclo vegetativo do feijão-vagem: atividade fotossintética, transpiração, condutância estomática e temperatura foliar. O sistema de ventilação da estufa, não foi capaz de impedir o estresse, causado pelas altas temperaturas, mesmo com substrato bem suprido de água.

Palavras-chave: feijão-vagem, evapotranspiração, estufa, ventilação, fotossíntese, transpiração, resistência estomática, radiação solar.

SUMMARY

Real evapotranspiration (ETR) of snap bean, cultivated in a plastic greenhouse with a ventilated/heating system, was determined during the spring, as well as the referential temperature (ETo) inside and outside, by the Penman method. ETR and ETo data showed good correlation, It was also

¹Parte dos resultados do projecto de pesquisa desenvolvido nas atividades de pós-doutorado realizado na Universidade Politécnica de Madri (CNPq-1993/94).

²Eng. Agr., Prof. do Depto. de Fitotecnia-FAEM-UFPEL, 96010-900 Pelotas(RS), C.P.354.

evaluated the relationship among internal and external global solar radiation and the contribution of the internal one in the evapotranspiration of the crop. Data on physiological responses of the snap bean were taken measuring photosynthetic activity, transpiration, stomatic conductance and leaf temperature. The ventilation system was not enough to avoid plant stress due to high temperatures, even in a perlite substratum with good water supply.

Key words: snap bean, evapotranspiration, greenhouse, ventilation, photosynthesis, transpiration, stomatal resistance, solar radiation.

INTRODUÇÃO

O estudo das respostas fisiológicas das espécies cultivadas em estufa, com respeito ao ambiente, consumo hídrico e respostas agronômicas, pode ser avaliado considerando o impacto da demanda atmosférica do ar sobre os parâmetros biológicos (BAILLE, 1993).

Este mesmo autor sugere que a evolução atual do manejo das estufas, está vinculada aos estudos recentes que ensejaram um melhor conhecimento do comportamento das plantas em distintos ecossistemas, assim como um manejo mais racional dos parâmetros climáticos e de irrigação, que permitem otimizar o potencial de produção dos cultivos e seu nível de qualidade. Estes aspectos assumem relevante importância, especialmente para o cultivo fora do solo, onde é fundamental uma estimativa mais consistente do fluxo transpiratório, mais adaptada as necessidades hídricas das plantas, condições ambientais e características físicas do substrato.

O balanço hídrico é um dos fatores mais importantes na produção de matéria seca (STANGUELLINI, 1989). Este autor mostra que a estratégia adotada na estufa como o controle da higrometria, radiação solar, temperatura e umidade do ar, pode determinar a eficiência do consumo hídrico das plantas, uma vez que incide na modificação do nível de transpiração das mesmas. Desta maneira, o estabelecimento de um modelo que descreva a relação demanda atmosférica-transpiração seria importante para permitir o controle do nível ótimo de transpiração, e poder ajustar, como consequência, os parâmetros meteorológicos. Em outras palavras, é possível antecipar, desta forma, as estratégias de climatização (sombreamento, ventilação, resfriamento) para obter limites micrometeorológicos favoráveis aos níveis de transpiração desejados. Neste sentido, dados sobre transpiração, temperatura foliar, condutância estomática e atividade fotossintética, são bastante elucidatórios da relação entre estes parâmetros e as condições atmosféricas da estufa.

AUBINET et al (1989), destacam que o controle exercido pelos estômatos sobre a transpiração de

³Eng.Agr., Dr., Catedrático e Diretor do Depto. de Prod. Vegetal-ETSIA-Universidade Politécnica de Madri, Espanha.

uma cultura em estufa é pequeno para altos valores de condutância estomática, como normalmente ocorre durante o dia nas estufas. Esta tendência é explicada por outros autores (ALPI e TOGNONI, 1978, MARTINEZ GARCIA, 1986), pela diminuição da demanda atmosférica no interior da estufa; neste caso, mantendo a oferta hídrica, ocorre diminuição da regulação estomática, ficando os estômatos abertos por mais tempo, o que aumenta a atividade fotossintética da planta, compensando as perdas oriundas da diminuição da radiação solar no interior da estufa.

Outro índice de estresse utilizado como indicador de conforto hídrico das espécies cultivadas em estufa, é a diferença entre temperatura da planta e temperatura do ar ambiente; esta diferença, por sua vez, depende dos limites impostos pela relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (BAILLE, 1993).

No interior da estufa a evapotranspiração é inferior 60 a 80% aquela do ambiente externo, devido as alterações principalmente dos dois componentes fundamentais no processo: o energético e o aerodinâmico (FARIAS, 1991; STANGHELLINI, 1993), em função da cobertura plástica reduzir a radiação solar incidente e a velocidade do vento no interior da estufa (VAN DER POST et al, 1974; ROSENBERG et al, 1989).

Dentre os métodos de determinação da evapotranspiração de culturas, os mais precisos estão baseados em medidas diretas através de evapotranspirômetros e/ou lisímetros e a estimativa através de modelos empíricos baseados no balanço de energia, entre os quais se destaca o de Penman. No caso das estufas, em função das alterações provocadas no ambiente meteorológico, tem se observado a necessidade de intensificar os estudos com vistas a verificar o comportamento destes métodos, bem como a criação e/ou adaptação de novos modelos adequados ao cultivo neste tipo de ambiente.

CHIAPALE et al (1984) consideram importante, no balanço de energia no interior da estufa com plantas cultivadas, a quantidade de energia consumida pela evapotranspiração e indicam que esta seria dada pela seguinte expressão:

$$ETP = 0,67.t.Rs$$

onde: ETP é a quantidade de energia correspondente a evapotranspiração potencial no interior da estufa, t o coeficiente de transmissão da cobertura plástica e Rs a radiação solar global.

Os fenômenos evaporativos utilizam aproximadamente 50% da radiação solar, entretanto este valor pode cair acentuadamente (16%) quando existe pouca cobertura de plantas(MONTERO CAMACHO et al, 1990). No caso das estufas, o plástico reflete parte da radiação solar global incidente, deixando passar até 80% da mesma, dependendo da qualidade do material utilizado, resultando assim numa menor percentagem de radiação solar global que atingirá as plantas. Da mesma forma, embora os plásticos utilizados

não são totalmente opacos à radiação de onda longa emitida pelo interior da estufa, o saldo de radiação é menor do que a campo (FARIAS, 1991).

Para estufas com sistema de calefação e ventilação, o balanço deve considerar o saldo de radiação, a água transpirada pela plantas no interior da estufa, a evaporação de água no sistema de resfriamento por nebulização (quando houver), o fluxo de calor por convecção e condutância através das paredes e cobertura da estufa, o intercâmbio de calor através do sistema de ventilação e a energia fixada pela fotossíntese.

Destes componentes, as perdas de energia empregada na evapotranspiração (calor latente de evaporação) são fundamentais de ser quantificadas no balanço de energia das estufas, considerando as espécies cultivadas no seu interior, levando em conta o que acontece não somente durante a noite, mas também durante o dia. Obviamente o conhecimento da evapotranspiração possibilita estabelecer um manejo adequado da irrigação no interior da estufa.

Considerando estas questões, o presente trabalho objetivou avaliar a evapotranspiração e sua relação com a radiação solar no interior da estufa, bem como respostas fisiológicas do feijão-vagem cultivado em substrato, ao longo de seu ciclo vegetativo (atividade fotossintética, transpiração, condutância estomática e temperatura foliar), levando em conta o sistema de calefação/ventilação utilizado para amenizar os valores de temperaturas extremas ocorridos durante a noite e durante o dia, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Faculdade de Agronomia da Universidade Politécnica de Madri, Espanha (latitude: 40°26'36"N, longitude: 3°44'18"W e altitude: 589 m). O clima local é classificado, segundo Papadakis (ELIAS CASTILLO & RUIZ BELTRAN, 1973), como Tipo Climático Mediterrâneo Temperado (TE,Me), com Regime de Umidade Mediterrâneo Seco (Me), e Regime Térmico Temperado Quente (TE1). No mês mais frio (janeiro) a temperatura média das mínimas é de 1,4°C, das máximas de 8,5°C e das mínimas absoluta de -4,4°C. No mês mais quente (julho), a temperatura média das mínimas é de 17,5°C, das máximas de 30,9°C e das máximas absolutas de 36,0°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 438 mm, sendo outubro o mês mais chuvoso(53mm) e julho o mês mais seco (11 mm). A evapotranspiração média anual é de 758 mm, sendo máxima em julho, 149 mm, e mínima em janeiro, 10 mm.

A estufa utilizada foi do tipo túnel alto, com uma área de superfície de solo coberta de 8,5 m x 13,30 m, altura máxima superior de 3,10 m, estrutura de ferro galvanizado, filme plástico tipo EVA, e orientação Norte-Sul. Contou com sistema de calefação por fluxo de ar quente gerado por resistência elétrica, bem como com sistema de ventilação tipo “extrator de ar”, além de um sistema automático de

acionamento destes sistemas, a partir de valores mínimos (12°C) e máximos de temperatura do ar (30°C), previamente fixados (temperatura de referência).

Para avaliação do consumo hídrico das plantas mediu-se a evapotranspiração real no interior da estufa, através de pesagem diária de 30 vasos, tendo estes 0,14 m de diâmetro e 0,10 m de altura, onde as plantas foram cultivadas em substrato (perlita). A perlita é um material inerte constituído de silicato alumínico de origem vulcânico com 73-75% de SiO_2 e 11-13% de Al_2O_3 , de tipo fino (0-1,5 mm), com densidade aparente de $0,06\text{g/cm}^3$, porosidade de 97,5%, e água facilmente disponível de 25% (a 0,1atm) (CANOVAS MARTINEZ & DIAS ALVAREZ 1993). Os vasos tiveram a superfície coberta com filme plástico, para evitar perdas diretas por evaporação.

Para a estimativa da evapotranspiração de referência interna (E_{Toin}) e externa (E_{Toex}), utilizou-se o método de Penman, em períodos de 1 e 5 dias e período correspondente ao intervalo de irrigação (3 e 4 dias), correlacionando estes valores com os de consumo hídrico das plantas (ETR) e relacionando os valores de radiação solar global interna (R_{Sin}) e externa (R_{Sex}), assim como os de evapotranspiração de referência externa.

Os parâmetros fisiológicos foram avaliados periodicamente, ao longo do ciclo da cultura do feijão vagem (março a maio), no período vegetativo e nos estádios de floração e formação de vagens, em distintas horas do dia, e dias depois da irrigação. Mediu-se a atividade fotossintética das plantas, transpiração, condutância estomática e temperatura foliar, mediante o uso do equipamento ADC(IRGA) Modelo LCA-3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como observa-se na Tabela 1, a E_{To} interna representa 50 a 60% da E_{To} externa. Esta mesma relação também foi encontrada entre radiação solar externa e interna (66%) (Figura 1); quanto a este aspecto, cabe destacar que a transmissão da radiação solar pelo material plástico está diretamente relacionada com a qualidade deste e depende também do ângulo de incidência da radiação, variando portanto segundo a época do ano, hora do dia e exposição da estufa. A Tabela 1 permite ainda observar valores bastante similares entre evapotranspiração real e evapotranspiração de referência interna (relação entre ETR/ E_{To} com valores entre 0,86 e 1,0 ao longo do ciclo das plantas).

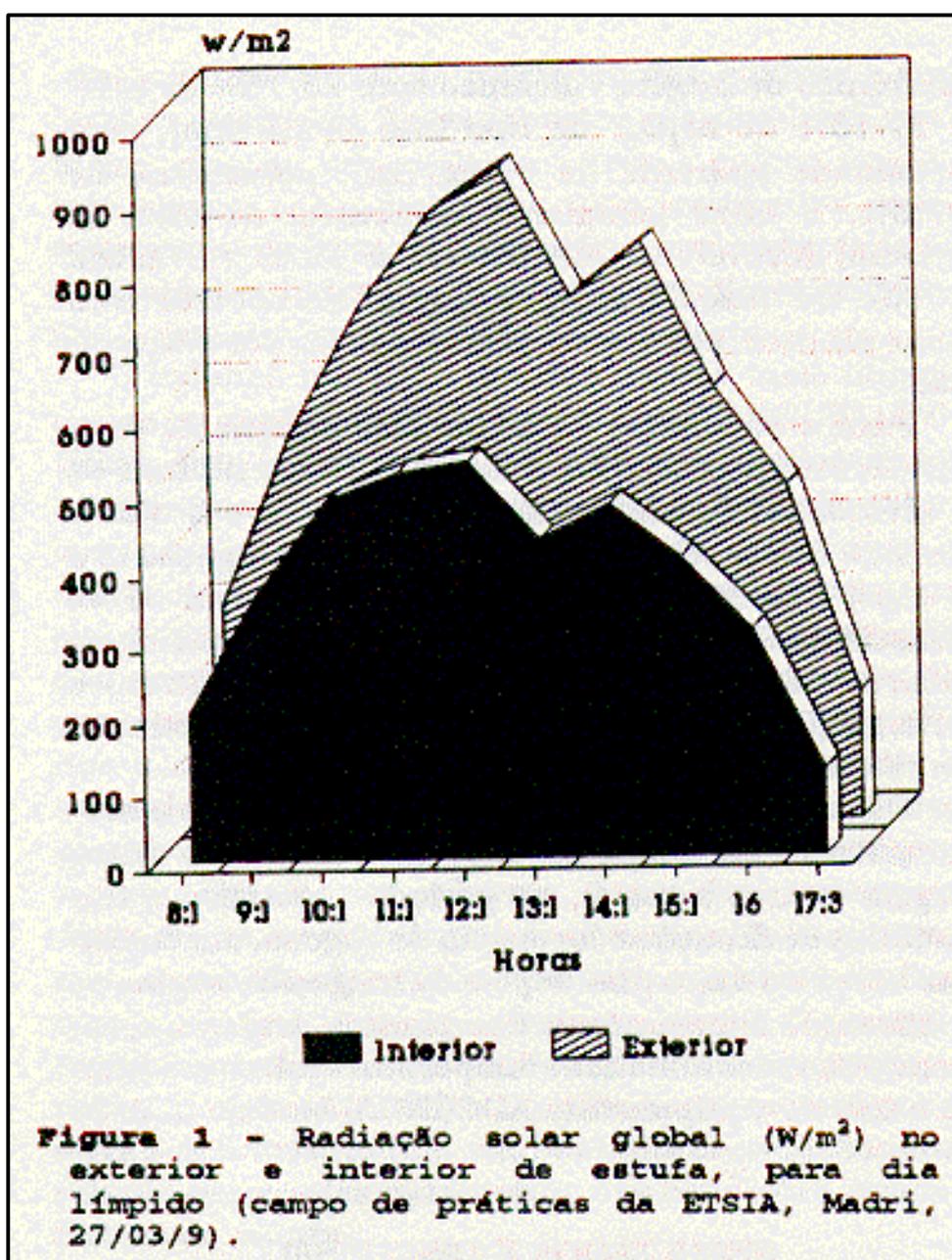
Estes valores poderiam ser tomados como referencial de coeficientes de cultivo nos distintos subperíodos da cultura; entretanto devem ser considerados somente como indicativos, necessitando a continuidade destes estudos em outras épocas e condições de cultivo e de ambiente. É importante destacar que no presente estudo, o objetivo principal é avaliar a participação do componente da evapotranspiração no balanço de energia no interior da estufa, considerando o funcionamento do sistema de calefação e ventila-

ção.

Tabela 1 - Relações entre evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração de referência externa (EToex) e interna (EToin), radiação solar global interna (RSin), de estufa, com cultivo de feijão-vagem em substrato, para distintos períodos de desenvolvimento da cultura.

Período	Nº de Dias	ETR	RSin	ETR/RSin	EToex	EToin	ETR/EToin	EToin/EToex	EToin/RSin
1	24	14,5	42,8	0,34	25,4	14,2	1,00	0,56	0,33
2	14	14,0	34,5	0,40	27,7	15,7	0,89	0,57	0,45
3	30	57,6	100,9	0,57	111,3	67,0	0,86	0,60	0,66
Total	68	86,1	178,2	0,48	164,4	96,9	0,89	0,59	0,54

Valores de radiação solar global e evapotranspiração em mm.
Períodos: 1-vegetativo; 2-Floração; 3-formação de vagens.



Ainda na Tabela 1, pode-se também observar que os valores da relação entre a evapotranspiração de referência interna e a radiação solar interna, do ciclo total de cultivo é de 54%, estando próximo aos valores propostos por CHIAPALE et al (1984). Este mesmo valor é bastante próximo ao consumo hídrico das plantas (ETR). Ou seja, a evapotranspiração representou aproximadamente a metade da energia fornecida pela radiação solar. Estes resultados evidenciam que o principal componente responsável pela evapotranspiração, é a radiação solar, ou seja o componente energético. O componente aerodinâmico pode ser considerado inexpressivo, já que a velocidade do vento no interior da estufa é praticamente nula, e bastante baixa no exterior da mesma para a época e local onde foi realizado o experimento (1 m/s).

Na presente avaliação também se correlacionou os valores da evapotranspiração de referência interna (EToin) com os do consumo hídrico (ETR) das plantas cultivadas no interior da estufa, para períodos diários, pântadas e intervalos entre irrigação (3 e 4 dias). Os dados da Tabela 2, indicam uma boa correlação para períodos curtos (pântadas e intervalo de irrigação) e um baixo valor quando se trata de períodos diários. Estas respostas confirmam a regra, pois com o método de Penman modificado-FAO, não se recomenda correlações para estudos de períodos diários. Mais recentemente outros trabalhos tem apresentado alternativas de aperfeiçoamento do método de Penman para períodos mais curtos e que possam assim expressar melhor a evapotranspiração real das plantas (STHANGUELLINE, 1981; BAILLE & LAURY, 1992; BAILLE, 1993; BOULARD & JEMMA, 1993).

Quanto as respostas fisiológicas da cultura, as características mediterrâneas de altos níveis de radiação solar ($>300 \text{ w/m}^2$), altas temperaturas ($>30^\circ\text{C}$) e baixa umidade relativa ($<50\%$), assim como as características de débil inércia térmica dos substratos, podem provocar situações de estresse térmico e hídrico das espécies cultivadas em estufa, limitando significativamente a transpiração das mesmas e, conseqüentemente, sua produtividade (BAILLE, 1993). Tais afirmativas foram bastante característica das condições e dos resultados do presente estudo.

Com relação a transpiração, mesmo nas 24 horas após a irrigação, com vasos em capacidade de campo, os níveis de transpiração foram muito baixos, com valores variando entre 2,0 a 7,0 $\text{mmol/m}^2.\text{s}$, e quase sempre inferiores a 2,0 $\text{mmol/m}^2.\text{s}$, aos 3 e 5 dias após a irrigação (Figura 2).

A transpiração também é limitada pelo acentuado déficit de saturação do ar ambiente da estufa, em função dos baixos níveis de umidade relativa, que chegam a 20-30% nas horas mais quentes do dia e com média diária inferior a 40-50%. Outro agravante foi a limitação no desenvolvimento do sistema radicular, pelo pouco volume dos vasos utilizados, com provável diminuição do conteúdo de oxigênio, o que contribuiu para uma produção por planta praticamente nula.

Esta situação esteve associada com as condições pre-estabelecidas de temperatura noturna mínima de 12°C , e de alta temperatura diurna, pois o sistema de ventilação utilizado não conseguiu impedir que esta fosse superior a 40°C em alguns momentos; o sistema somente consegue manter temperatura interna

da estufa inferior a 30°C, quando a temperatura exterior for inferior a 20°C.

De igual maneira, mesmo com boa disponibilidade hídrica, ou seja, um dia após a irrigação, a atividade fotossintética foi bastante baixa (valores entre 5 a 14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$), assim como a condutância estomática (valores entre 0,1 e 0,4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). Obviamente estes valores diminuiriam ainda mais, na medida em que aumentou o período de dias após a irrigação (3 a 5 dias), conforme se pode constatar na Figura 2. Neste caso, observou-se uma queda acentuada entre todas estas respostas fisiológicas.

Estas condições de estresse na cultura, podem ser explicadas pela interação entre a disponibilidade hídrica e as condições ambientais no interior da estufa: neste caso, o estresse pode estar associado a momentos de alta temperatura, quando o sistema de ventilação não conseguiu baixar a temperatura a valores inferiores a 30°C.

Estes resultados estão de acordo com outros autores, que indicam a diminuição da densidade do fluxo transpiratório e o aumento da resistência estomática, na medida em que se suspende a irrigação na cultura do feijão-vagem (FARIAS, 1991). Entretanto, convém salientar que a avaliação da resistência estomática está influenciada por inúmeros outros fatores: estágio de desenvolvimento da planta, intensidade luminosa, nível nutricional, concentração de CO_2 , vento, umidade relativa do ar, conforme foi observado por MARTINS (1983), para outras espécies cultivadas a campo.

A diferença entre temperatura ambiente e temperatura foliar, também mostrou ser um bom indicador destes momentos de estresse. Observou-se uma tendência na redução do valor desta diferença, na medida em que aumentou o período de dias após a irrigação. Ou seja, com 3 a 5 dias após cada irrigação, esta diferença foi quase sempre negativa, indicando um maior valor para a temperatura foliar em relação ao ambiente interno da estufa.

Este resultado também está de acordo com outros trabalhos com feijão-vagem em estufa (FARIAS, 1991); entretanto o mesmo autor destaca que este índice pode indicar outros tipos de estresse, que não aqueles produzidos pelo déficit hídrico, como por exemplo: radiação solar, déficit de saturação de vapor d'água, vento, estado nutricional e sanitário da planta.

Com respeito a esta questão, os dados do presente estudo confirmam esta afirmativa pois, como vimos anteriormente, mesmo com bom suprimento de água no solo (1 dia após a irrigação), este índice apresenta valores negativos, indicando uma temperatura foliar superior a temperatura ambiente, provavelmente devido ao fechamento dos estômatos em função de altas temperaturas, conforme se pode observar na Figura 2. Esta situação de estresse em presença de água no solo, tem sido encontrado em outros trabalhos (MARTINS, 1983).

Por outro lado é importante ressaltar que no presente estudo as medidas de temperatura foliar foram realizadas com sensores de contato, através do IRGA, que segundo alguns autores (BLAD & ROSENBERGER, 1976), podem alterar as respostas das folhas, recomendando por isso, o uso de

termômetro infravermelho para medir a temperatura foliar do dossel vegetativo.

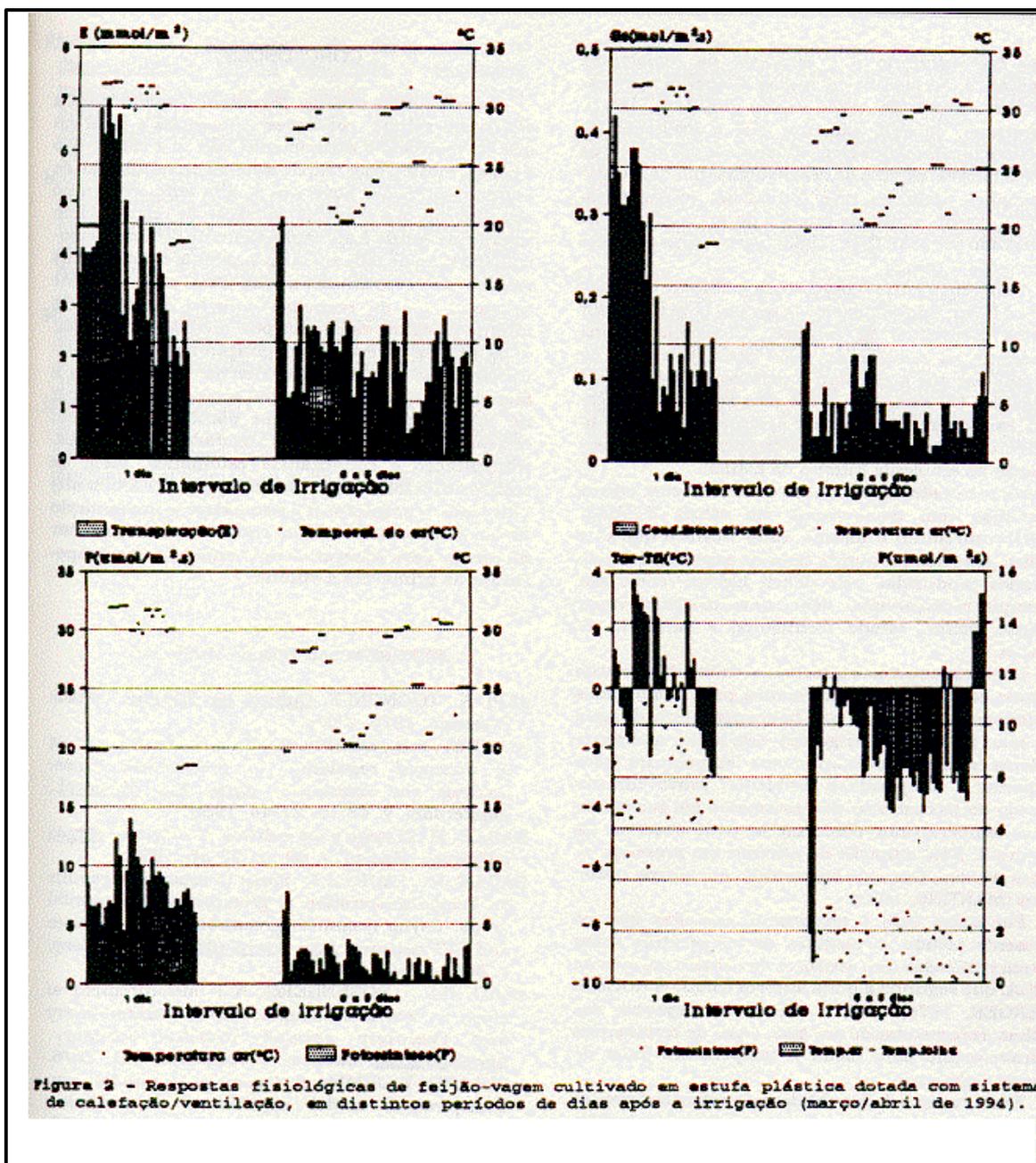


Figura 2 - Respostas fisiológicas de feijão-vagem cultivado em estufa plástica dotada com sistema de calefação/ventilação, em distintos períodos de dias após a irrigação (março/abril de 1994).

Embora estes dados obtidos não sejam suficientes para conclusões definitivas, são perfeitamente indicadores de tendências e, neste sentido, bastante enfáticos da necessidade de melhoria do sistema de resfriamento da estufa em estudo, não só pela exigência de diminuição da temperatura interna da mesma, bem como pela necessidade de aumentar sua umidade relativa interna, considerando as condições climáticas do local onde se realizou o presente trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir para a estufa em estudo, condições ambientais e local em que foi realizado o experimento que: a) a estufa não é capaz, mesmo com uso de sistema de ventilação, de superar condições adversas de alta temperatura no seu interior; b) a evapotranspiração de referência no interior da estufa é aproximadamente 60% da evapotranspiração de referência do ambiente externo; c) os valores de evapotranspiração real são bastante próximos aos da evapotranspiração de referência interna da estufa estimados pelo método de Penman; d) os valores de evapotranspiração real e de evapotranspiração de referência interna representam a metade dos valores da radiação solar global incidente no interior da estufa; e) as plantas apresentam estresse (revelado pela baixa atividade fotossintética, transpiração e condutância estomática, além de temperatura foliar superior a temperatura ambiente) 1 dia após a irrigação; f) é necessário a implantação de um sistema adicional de resfriamento do interior da estufa, para superar os momentos de alta temperatura da primavera e outono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPI, A., TOGNONI, F. **Cultura em Estufas**. Lisboa: Presença, 1978. 203 p.
- AUBINET, F.B., DELTOUR, J., DE HALLEUX, D., et al Stomatal regulation in greenhouse crops: analysis and simulation. **Agric. For, Meteorol.**, Amsterdam, v. 48, p. 21-44, 1989.
- BAILLE, M. El riego y los cultivos protegidos. **Riegos y Drenaje**, Madrid, v. 69, p. 27-36, 1993.
- BAILLE, M., LAURY, J.C. Some Comparative results on evapotranspiration of greenhouse ornamental crops, using lysimeter, greenhouse H₂O balance and LVT sensors. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 304, p. 199-208, 1992..
- BLAD, B.L., ROSENBERG, N.J. Measurement of crop by leaf thermocouple, infrared thermometry and remotely sensed thermal imagery. **Agron. Journal**, Madison, v. 68, p. 635-641, 1976.
- BOULARD, T, JEMMA, R. Greenhouse tomato crop transpiration model application to irrigation control. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 335, p. 381-388, 1993.
- CANOVAS MARTINEZ, F., DIAS ALVAREZ, J.R. **Cultivo sin suelo**. Almeria: FIAPA, 1993, 372 p.
- CHIAPALE, J.P., VILLÈLE, O., KITTAS, C. Estimation des besoins de ventilation d'une serre plastique. **Acta Horticulturae**, Dan Haag, v. 154, p. 257-266, 1984.
- ELIAS CASTILLO, F., RUIZ BELTRAN, L.. **Classificación Agroclimática de España**. Madrid: SMN, 1973, 145 p.
- FARIAS, J.R. **Respostas do feijão-vagem a disponibilidade hídrica associada a alterações**

- micrometeorológicas em estufa plástica**. Porto Alegre, 1991, 177 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1991.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. La regulación de las condiciones del ambiente en los cultivos protegidos. In: Feria Técnica Internacional de la Maquinaria agrícola, 1986, Zaragoza. España. **Anales**, Asociación Nacional de Ing. Agrónomos, 1986, p. 135-147.
- MARTINS, S.R. **Respuestas fisiológicas y agronomicas de la soja (Glicyne max (L.)Merr) al déficit hídrico. El agua como función de producción**. Madrid: INIA, 1983, 247 p.
- MONTERO CAMACHO, J.I., ANTON VALLEJO, A., BIEL LOSCOS, C., et al. Cooling of greenhouses with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 281, p. 199-209, 1990.
- ROSENBERG, N.J., MCKENNEY, M.S., MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse warmed world: a review and a simulation. **Agric.For. Meteor.**, Amsterdam, v. 4, n. ?, p. 303-320, 1989.
- STANGHELLINI, C. Evapotranspiration and energy consumption in greenhouses. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 119, p. 273-279, 1981.
- STANGHELLINI, C. Crop transpiration: a greenhouse climate control parameter. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 245, p. 384-388, 1989.
- STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouses with especial reference to mediterranean conditions, **Acta.Horticulturae**, Den Haag, v. 335, p. 295-304, 1993.
- VAN DER POST, C.J., VAN-SHIE, J.J., GRAAF, R. Basic problems of water relationship: energy balance and water supply in glasshouse in the West-Netherlands. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 35, p. 13-21, 1974.