

ISSN 0104-1347

**PARÂMETROS METEOROLÓGICOS EM CULTURA DE ALFACE (*Lactuca sativa*, L.),
CULTIVADA EM CASAS DE VEGETAÇÃO COM ORIENTAÇÕES LESTE-OESTE,
NORTE-SUL E CONDIÇÕES EXTERNAS¹.**

**METHEOROLOGICAL PARAMETERS FOR LETTUCE GROWTH (*Lactuca sativa*, L.)
IN GREENHOUSE WITH TWO ORIENTATIONS (EAST-WEST AND NORTH-SOUTH)
AND EXTERNAL CONDITIONS.**

Emerson Galvani², Renilson Targino Dantas³, João Francisco Escobedo⁴ e Elcio Silvério Klosowski⁵

RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar, durante o ciclo de cultura da alface, o comportamento da temperatura do ar (bulbos seco e úmido) e a umidade relativa do ar, a evaporação (avaliadas pelo tanque Classe A e evaporímetro Piche), radiação solar global e, a partir destes parâmetros estimar a evapotranspiração da cultura (ETc) pelos métodos do Tanque Classe A, Penman simplificado e Radiação, em condições de casa de vegetação (CV) orientadas no sentido leste-oeste (L-O), norte-sul (N-S) e em condição de ambiente externo. O experimento desenvolveu-se nas imediações do Departamento de Biofísica da Universidade Estadual Paulista "Campus Rubião Júnior", Botucatu, Estado de São Paulo (lat.: 22°54'S, long.: 48°27'W, e alt.: 850m). Foi conduzido em duas estufas tipo túnel alto com cobertura de polietileno (espessura de 100µm) e em uma área externa, ambas de 35m², cultivadas com cultura de alface, cultivar Elisa, pertencente ao grupo lisa. Observou-se que: a) CV (L-O) apresentou médias de temperaturas internas ligeiramente superiores à condição de orientação N-S; b) a média da umidade relativa do ar em ambas as CV permaneceram praticamente iguais ao longo do ciclo da cultura; c) o método de estimativa de ETc do tanque Classe A, apresentou valores superiores aos métodos de Penman simplificado e radiação; d) os valores de ETc, médios para os três métodos, foram de 17,2, 8,0 e 7,5mm semana⁻¹, para as condições externa, (L-O) e (N-S), respectivamente; e) a ETc das CV (L-

O) e (N-S), estiveram em 46% e 44% daquela obtida em condição externa.

Palavras-chave: alface, casa de vegetação, evapotranspiração.

SUMMARY

By evaluating the air temperature (dry and wet bulb), relative humidity, evaporation (through pan A class, and Piche evaporimeter), solar global radiation, it was possible to estimate the evapotranspiration (ETc), of the lettuce, using three methods (Pan Class A, simplified Penman, and Radiation) under greenhouse and external conditions. Two greenhouse (GH) in the orientations (W/E and N/S) were studied. The experiment was made in the Departamento de Biofísica da Universidade Estadual Paulista, Campus "Rubião Júnior", Botucatu, São Paulo, Brazil (lat.: 22°54'S; long.: 48°27'W and alt.: 850m). The two greenhouse were made as tunnel types, covered with polyethylen (100µm thickness) with 35 square meters. The external planting field had 35 square meters either. The cultivar Eliza from Lisa group were used. The results indicated: a) GH (W/E) had internal average temperature a little bit higher than GH (N/S); b) The average relative humidity in both GH stayed constant during lettuce cycle growth; c) The ETc estimation evaluated by Class A pan method presented higher values than the other two methods studied (Simplified Penman and Radiation); d) The ETc average values of the three

¹ Trabalho executado com apoio financeiro da FAPESP (96/8974-7).

² Doutorando em Energia na Agricultura, FCA-UNESP-Botucatu. E-mail: egalvani@carpa.ciagri.usp.br. Bolsista FAPESP, processo n° 96/08974-7.

³ Prof. Adjunto do DCA/CCT/UFPA, Campina Grande-PB. Dout. Energia Agric., FCA-UNESP-Botucatu.

⁴ Prof. Livre Docente, Departamento Ciências Ambientais, FCA/UNESP, Caixa Postal 237, C.E.P. 18.603-970, Botucatu-SP.

⁵ Doutorando em Energia na Agricultura, FCA-UNESP, Botucatu. Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Campus Universitário, 87020-900 - Maringá - Paraná.

methods studied were 17.2 for external conditions, 8.0 for GH (W/E) and 7.5 GH (N/S) measured in mm/week; e) the ETc in GH (W/E) and (N/S) were 46% and 44% of the external conditions, respectively.

Key words: lettuce, greenhouse, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O cultivo em ambientes protegidos no Brasil, em especial nas regiões Sul e Sudeste, tem aumentado significativamente nos últimos anos. Contudo as alterações microclimáticas provocadas por esse novo ambiente ainda não são satisfatoriamente conhecidas. Parâmetros como temperatura do ar e do solo, umidade do ar, balanço de radiação e energia, evapotranspiração e vento, são alterados, ora aumentando-os, ora reduzindo-os em relação as condições externas. Segundo MARTINEZ GARCIA (1978), a temperatura no interior da estufa está intimamente ligada ao balanço de energia, que depende do tamanho da estufa (BURIOL *et al.* 1993) e das condições meteorológicas locais (ASSIS & ESCOBEDO 1996, BURIOL *et al.* 1993). ASSIS & ESCOBEDO (1996), estudando a radiação global e difusa em casas de vegetação com exposições leste-oeste (L-O) e norte-sul (N-S), encontraram que a orientação L-O permite que 75% da radiação global incidente ultrapasse o plástico, enquanto a estufa com orientação N-S, este valor encontra-se em média na faixa de 65%. FARIAS *et al.* (1993), encontraram em condição externa que a radiação difusa representa em média 24% da global e, em ambiente interno em casas de vegetação este valor sobe para 45%, demonstrando o efeito dispersante do filme de polietileno. Esta diminuição seria compensada, uma vez que a radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese, pois é multidirecional e penetra melhor entre as plantas. FRISINA & ESCOBEDO (1997), trabalhando com saldo de radiação em casas de vegetação de polietileno e em condição natural com cultura de alface, encontraram em condição interna um saldo de radiação da ordem de 69,36% da radiação global e, em condição externa 59,96% da radiação global. GALVANI *et al.* (1997), trabalhando com balanço de energia em casas de vegetação orientadas no sentido L-O e N-S, encontraram que o saldo de radiação esteve na casa de vegetação L-O, da ordem de 13,4 % maior em relação àquele obtido em casa de vegetação N-S, gerando, portanto, condições diferentes de balanço de energia, temperatura do solo e umidade relativa do ar. Segundo BURIOL *et al.* (1997), os altos valores de umidade relativa do ar dentro da estufa estão relacionados a valores altos da pressão parcial de vapor, resultado da pouca renovação do ar e a

umidade do solo geralmente mais elevada neste microambiente, assim, mesmo nos horários de maior temperatura a umidade relativa permanece elevada.

MARTINS & GONZALEZ (1995), encontraram valores que permitem concluir que a evapotranspiração de referência no interior de estufas orientadas no sentido norte-sul, representa 60% daquela obtida externamente.

MEDEIROS *et al.* (1997), verificaram que a evaporação do tanque Classe A dentro de estufa de polietileno foi em média 47% daquela obtida em condições de ambiente externo. ALVES & KLAR (1996), obtiveram evapotranspiração de referência dentro de estufa (túnel) sensivelmente menor do que estimada pelo tanque Classe A localizado em uma estação meteorológica, numa proporção de 93% e coeficiente de correlação de 0,60.

HEIZMANN & ANDRIOLO (1991), mostraram que a evaporação do tanque Classe A no interior de casas de vegetação, quando o manejo das cortinas laterais foi efetuado somente durante o dia, foi 59% inferior ao ambiente externo.

Faz-se necessário, portanto, o conhecimento do consumo de água em ambientes protegidos, uma vez que as novas condições diferem daquelas do ambiente natural bastante conhecido.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar durante o ciclo de cultura da alface o comportamento da temperatura do ar (seco e úmido), a umidade relativa, a evaporação (tanque Classe A e Piche), radiação solar global e, a partir destes parâmetros estimar a evapotranspiração da cultura (ETc) pelos métodos do Tanque Classe A, Penman simplificado e da Radiação, em condições de estufa orientada no sentido leste-oeste e norte-sul e em condição externa.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Campo Experimental

O experimento foi conduzido nas imediações do Departamento de Biofísica da Universidade Estadual Paulista "Campus Rubião Júnior", Botucatu, Estado de São Paulo (latitude: 22°54'S, longitude: 48°27'W e altitude: 850m). As condições climáticas locais apresentam uma temperatura do ar média anual de 20,6°C, precipitação média anual de 1.506,3mm e evapotranspiração potencial média anual de 692,0mm.

As áreas utilizadas no cultivo da alface foram três: em ambiente externo com 35m² (7,0m x 5,0m) e, em ambiente fechado, dentro de duas casas de vegetação (CV) de polietileno orientadas, uma no sentido norte-sul (N-S) e outra no sentido

leste-oeste (L-O), ambas com comprimento de 7,0m e largura de 5,0m e pé direito de 2,0m de altura (Figura 1). Na cobertura e nas laterais, frente e fundo utilizou-se polietileno com espessura de 100 μ m em ambas as casas de vegetação. A estrutura das duas casas de vegetação foi apoiada sobre "mureta" em alvenaria com 0,30m de altura.

Efetou-se a correção do solo a base de 160g.m⁻² de calcário dolomítico à profundidade mínima de 20 cm, 40 dias antes do transplante.

A cultivar utilizada foi a Elisa, pertencente ao grupo lisa. O espaçamento adotado foi de 0,25m x 0,25m em ambos os ambientes. O ciclo teve duração de sete semanas após o transplante (SAT), iniciando-se em 11/06/96 e terminando em 25/07/96.

2. Instrumentação

A radiação global nos três ambientes foi monitorada através de piranômetros EPLEY, instalados a 2,0m de altura sobre a cultura, os quais apresentaram durante o período de utilização constante de calibração de $K_{L-O} = 16,12\mu\text{VW m}^{-2}$; $K_{N-S} = 8,94\mu\text{VW m}^{-2}$ e $K_{EXT} = 8,13\mu\text{VW m}^{-2}$. O sistema de sensores de radiação global foi conectado a um DATALOGGER Campbell 21X, interligado a um microcomputador 486 por meio de interface SC32A, operando na frequência de 1HZ, armazenando médias em intervalos de 5 minutos.

A velocidade do vento foi monitorada em local adjacente a parcela externa, a 2,0m de altura da superfície do solo, por intermédio de anemômetro totalizador, sendo os valores obtidos em km.dia⁻¹.

Para medidas de temperatura e umidade relativa do ar, utilizaram-se termohigrômetros e termohigrógrafos, instalados a 1,5m acima da superfície do solo, nas casas de vegetação em abrigo meteorológico.

Medidas de evaporação foram realizadas em ambiente externo com auxílio de tanque Classe A padrão OMM (Organização Meteorológica Mundial), sendo considerada a evaporação do dia a diferença entre duas leituras consecutivas efetuadas às 12TMG (09h00min local), resultando em valores

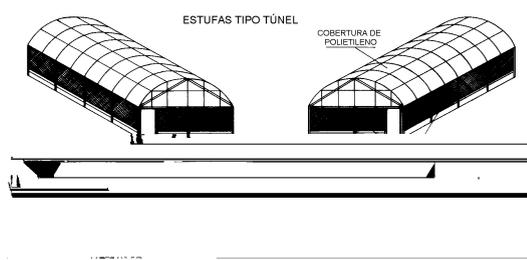


Figura 1: Representação esquemática das estufas orientadas no sentido L-O e N-S.

expressos em mm dia⁻¹. Os valores obtidos em dias chuvosos foram desconsiderados em função dos erros associados a retirada de água do referido tanque. A evaporação do Piche foi monitorada a 1,5m de altura nas três condições.

3. Métodos utilizados na estimativa de evapotranspiração

Adotaram-se três métodos de estimativa de evapotranspiração em função dos parâmetros meteorológicos que foram quantificados ao longo do ciclo da cultura.

a) Método do Tanque Classe A

O método do tanque Classe A consiste em converter a evaporação da superfície líquida livre em evapotranspiração de referência (ET₀). Para tanto utiliza-se um coeficiente de tanque (kp):

$$ET_0 = kp * ECA \quad (1)$$

onde ECA é a lâmina de água evaporada no tanque classe A (mm dia⁻¹ ou mm semana⁻¹); kp é o coeficiente do tanque que depende da umidade relativa do ar (UR em %), da velocidade do vento a 2,0m de altura (U_2 em km dia⁻¹) e da área tampão (F em m). Os valores de kp são tabelados em função destes parâmetros (DOORENBOS & KASSAN, 1972) ou calculados através do modelo (SNYDER, 1992):

$$kp = 0,482 + 0,02 \ln(F) - 0,000376 U_2 + 0,0054 UR \quad (2)$$

A velocidade do vento foi monitorada em condição externa através de anemômetro totalizador, instalado a 2,0m de altura ao lado do tanque Classe A. Em condição interna adotou-se que a circulação do vento foi 1/3 daquela encontrada externamente. Esta aproximação foi utilizada considerando que a evapotranspiração potencial estimada é pouco influenciada pela velocidade do vento.

Avaliou-se a evaporação do tanque Classe A em condição externa e, estimou-se a evaporação nas casas de vegetação a partir da relação entre a evaporação do tanque Classe A e a evaporação simultânea ocorrida no evaporímetro de Piche (EP) dentro das estufas, conforme o modelo obtido por DANTAS (1997):

$$ECA = 0,16 + 0,66 EP \quad (3)$$

Essa aproximação foi necessária em função do tamanho do tanque, que ocuparia grande parte da estufa. Os erros associados a este método de estimativa de evaporação do tanque Classe A dentro de casa de vegetação, podem estar associados ao fato do evaporímetro de Piche fornecer valores do poder evaporativo do ar a sombra e o tanque Classe A fornecer valores de lâmina d'água evaporada em

uma superfície livre. Estes valores, no caso do tanque Classe A, são função da velocidade do vento e disponibilidade energética do meio. A evaporação do Piche (mm dia^{-1} ou mm semana^{-1}) foi monitorada a 1,5m de altura nos três ambientes.

b) Método de Penman simplificado

Em função da disponibilidade de medidas de evaporação do Piche (P_i) nos três ambientes e também medidas de temperatura do bulbo úmido (T_u), estimou-se a evapotranspiração potencial pelo método Penman simplificado (VILLA NOVA & OMETTO, 1981):

$$ETP = (0,28 P_i) / (1 - W) \quad (4)$$

onde W é definido por MAKKINK (1957), citado por PEREIRA *et al.* (1997), como sendo uma função da temperatura média do bulbo úmido:

$$W = 0,407 + 0,0145 T_u \quad 0 < T_u < 16,0^\circ C \quad (5)$$

$$W = 0,483 + 0,01 T_u \quad 16,1 < T_u < 32,0^\circ C \quad (6)$$

Embora conhecido como método de Penman Simplificado, este método pouco tem haver com o método Penman, contudo como já é reconhecido pela Sociedade Brasileira de Agrometeorologia optou-se por este método e por este nome. Outra observação que se faz é que o método original proposto por STANHILL (1962), foi desenvolvido para as condições áridas de Israel. Assim entendemos que a adaptação proposta por VILLA NOVA & OMETTO (1981), para as condições do Estado de São Paulo, supostamente oferecem melhores resultados.

c) Método da Radiação

As medidas de radiação global (R_s) foram obtidas em radiômetros instalados a 1,5m de altura nos três ambientes. Obtiveram-se os valores em milivolts que multiplicados pelas constantes dos aparelhos resultaram no total diário de energia.

Assim, obteve-se a evapotranspiração de referência pelo método:

$$ET_0 = (c)(W)(R_s) \quad (7)$$

Os valores de c são tabelados em função da velocidade média do vento (m s^{-1}) a 2,0m de altura e da umidade relativa do ar (DOORENBOS & KASSAN, 1994), W já definido anteriormente e, R_s é a radiação global expressa em equivalente de evaporação (mm dia^{-1} ou mm semana^{-1}).

Utilizando-se dos modelos apresentados acima e dos parâmetros quantificados diariamente nos três ambientes, obteve-se a evapotranspiração de referência (método do tanque Classe A e da ra-

dição) ou potencial (método de Penman Simplificado) para os três ambientes durante todo o ciclo da cultura.

Em experimento desenvolvido em condições climáticas semelhantes e com a mesma cultivar BASTOS (1994), determinou o coeficiente de cultura (k_c) para o ciclo da alface em ambiente externo, dividindo este ciclo em sete fases ou sete semanas. Os valores de k_c encontrados por este autor foram adotados neste trabalho para o cálculo de evapotranspiração de cultura (ET_c) em ambas as casas de vegetação e na condição externa.

O coeficiente de cultura adotado para o ciclo da cultura variou de 0,48 a 0,88, conforme mostra a Figura 2. Essa aproximação foi necessária por não haver valores de k_c determinados para as condições climáticas onde se desenvolveu o experimento em condições de casas de vegetação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na condição interna, os valores de umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura foram superiores aos da condição externa, pelo fato da proteção lateral da estufa diminuir a advecção lateral e o transporte de calor latente e sensível. A Tabela 1 apresenta os valores médios de umidade relativa (UR), temperatura de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), para as três condições.

Observa-se para a condição externa uma UR média de 67%, T_s de $27,4^\circ C$ e T_u de $20,1^\circ C$. Em condição de CV L-O a UR média apresentou-se na faixa de 72%, T_s de $17,0^\circ C$ e T_u de $14,5^\circ C$. Para CV N-S a UR apresentou o mesmo comportamento que a CV L-O, com média de 72%, as T_s e T_u apresentaram-se um pouco inferior com média de $16,3^\circ C$ e $13,7^\circ C$, respectivamente. A CV L-O

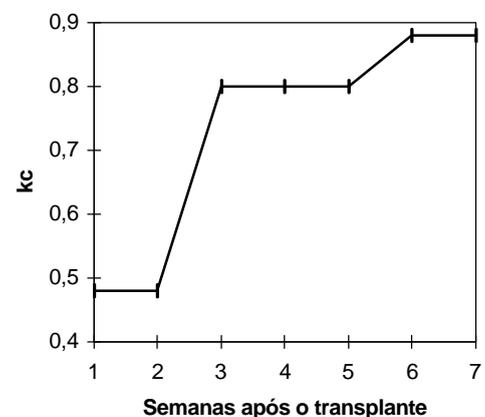


Figura 2: Variação do k_c ao longo do ciclo da cultura (BASTOS, 1994).

Tabela 1: Valores médios semanais de umidade relativa do ar (UR), temperatura de bulbo úmido (Tu) e bulbo seco (Ts) em condições de casa de vegetação (CV) orientadas Leste-Oeste (L-O) e Norte-Sul (N-S) e externa, ao longo do ciclo da cultura de alface.

SAT (*)	CV L-O			CV N-S			Condição Externa		
	UR (%)	Tu (°C)	Ts (°C)	UR (%)	Tu (°C)	Ts (°C)	UR (%)	Tu (°C)	Ts (°C)
01	63	16,9	20,5	62	15,4	20,1	60	23,8	32,6
02	73	17,4	20,2	74	17,2	19,8	60	19,0	27,5
03	81	13,0	14,3	82	12,8	13,8	69	19,4	27,6
04	84	15,8	17,3	84	15,4	16,7	71	19,7	25,3
05	70	12,8	15,4	68	11,4	14,1	83	19,8	25,0
06	62	13,0	16,0	61	11,4	14,9	64	19,9	27,3
07	69	12,7	15,4	70	12,1	15,0	64	19,4	26,8
Méd	72	14,5	17,0	72	13,7	16,3	67	20,1	27,4

(*) Semanas após o transplante.

apresentou temperaturas ligeiramente elevadas em relação a orientação N-S, em função do maior saldo de radiação disponível para esta orientação, conforme GALVANI et al. (1997).

A velocidade média do vento em condição externa esteve durante todo o ciclo em média de $1,57\text{m s}^{-1}$, assim as CV L-O e N-S teoricamente apresentaram, em função da abertura e fechamento das cortinas laterais, em média $1/3$ deste total, ou seja, uma velocidade média de $0,52\text{m s}^{-1}$.

Os resultados de ETC para os métodos propostos e as condições descritas no item material e métodos apresentam-se na Tabela 2 e representados nas Figura 3 (a, b e c).

A ETC média pelo método do tanque Classe A em condição externa apresenta em média $19,3\text{mm semana}^{-1}$ ou $2,8\text{mm dia}^{-1}$. Os valores médios diários variam entre o mínimo de $1,9\text{mm dia}^{-1}$ na quinta SAT ao máximo de $4,3\text{mm dia}^{-1}$ na sexta SAT. Os métodos de Penman simplificado e Radiação apresentaram um comportamento semelhante ao método do Tanque Classe A, contudo resultando em valores médios sempre inferiores a este.

Com relação as casas de vegetação, a orientação L-O apresentou ETC maior que a N-S, evidenciando um maior consumo de água pelas

plantas, resultado do balanço de energia mais positivo nesta condição. A casa de vegetação L-O apresentou em média ETC superior a N-S da ordem de 10%, 8% e 2%, para os métodos do Tanque Classe A, Penman simplificado e da Radiação, respectivamente.

O método do Tanque Classe A apresentou valores de ETC superiores aos demais métodos estudados pelo fato de integrar simultaneamente as características do poder evaporante e das condições aerodinâmicas do ar.

Na Figura 4 estão representados as variações da ETC média dos três métodos em cada condição estudada. Evidencia-se que na parcela externa houve superioridade nos valores de ETC durante todo o ciclo da cultura. Com relação a CV (L-O) e (N-S), percebe-se semelhança nas curvas de variação da ETC.

A Tabela 3, mostra as variações da ETC externa em relação às casas de vegetação, evidenciando que a ETC média das CV representaram 45% da ETC média externa. A ETC das CV (L-O) e (N-S), estiveram, respectivamente, em 46% e 44% daquela obtida em condição externa, não apresentando diferença significativa entre si.

Tabela 2: Valores de ETC (mm semana^{-1}) estimada pelos métodos: Tanque Classe A (A); Penman simplificado (Pen) e Radiação (Rad.), para as condições, de casa de vegetação (CV) orientações Leste-Oeste (L-O) e Norte-Sul (N-S) e externa.

SAT	CV (L-O)			CV (N-S)			Condição externa		
	A	Pen	Rad.	A	Pen	Rad.	A	Pen	Rad.
01	8,6	7,3	6,3	7,6	7,1	6,7	18,2	14,3	8,4
02	5,6	4,5	4,2	5,3	4,4	3,9	16,5	12,2	10,0
03	5,5	5,3	5,4	5,5	5,3	5,0	15,3	15,4	18,9
04	8,6	7,3	6,5	7,4	7,1	6,6	18,6	14,4	14,3
05	10,0	8,4	7,5	8,2	7,5	7,0	13,0	12,7	14,2
06	14,3	11,7	8,6	12,1	10,3	8,7	30,3	16,4	32,6
07	14,7	11,5	7,0	14,0	9,8	7,0	23,4	15,1	28,2
Méd.	9,6	8,0	6,5	8,6	7,4	6,4	19,3	14,4	18,1

(*) Semanas após o transplante.

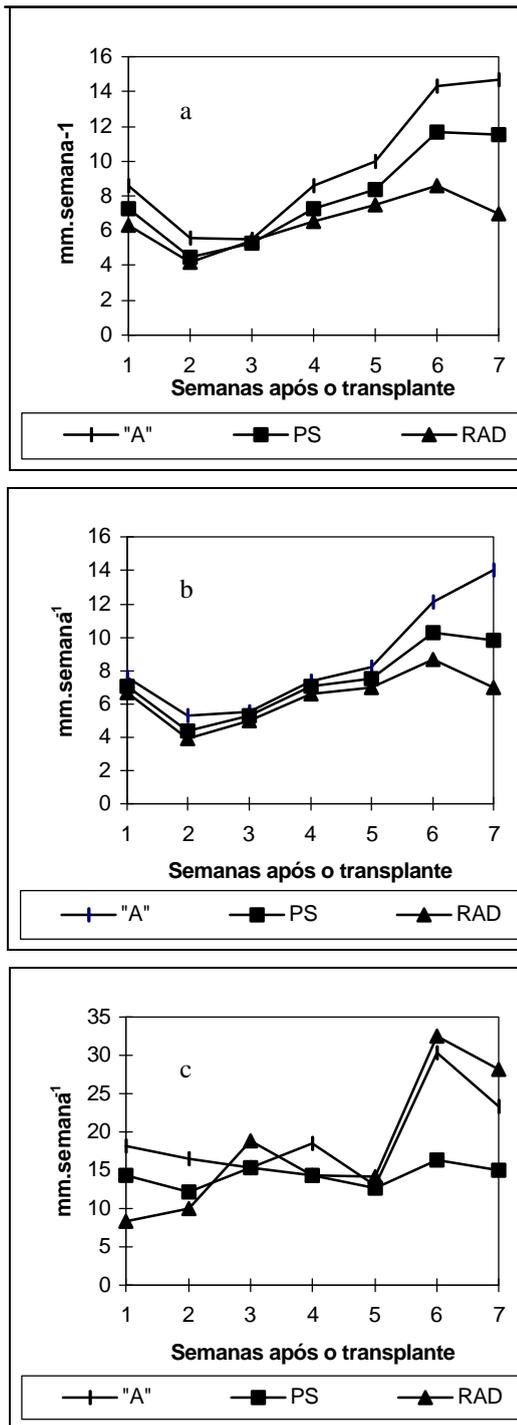


Figura 3: Variação da ETC ao longo do ciclo da cultura de alface estimada pelo método do Tanque Classe A (A), Penman simplificado (PS) e Radiação (RAD), para os três ambientes: CV L-O (a), CV N-S (b) e condição externa (c).

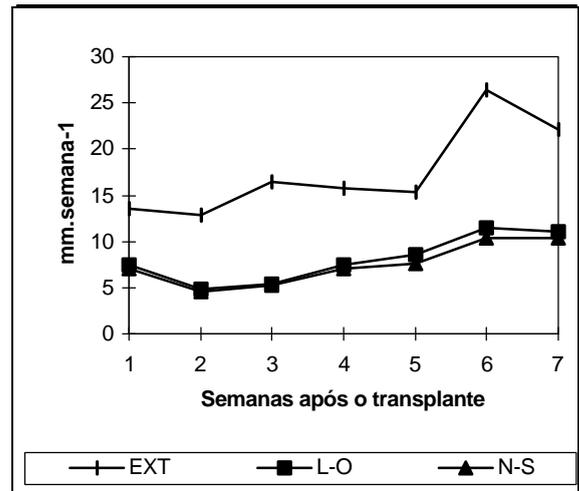


Figura 4. Variação média da ETC ao longo do ciclo da cultura de alface estimada pelos métodos do Tanque Classe A, Penman simplificado e Radiação, para os três ambientes: CV L-O, CV N-S e condição externa.

Como valores médios para os três métodos obteve-se ETC de 17,2 , 8,0 e 7,5mm semana⁻¹, para as condições externa, CV (L-O) e CV (N-S).

CONCLUSÕES

Para as condições climáticas onde foi desenvolvido o experimento, conclui-se:

- Casa de vegetação orientada no sentido L-O apresenta temperaturas internas ligeiramente superiores a condição de orientação N-S;

- A umidade relativa do ar em ambas as casas de vegetação permanecem praticamente iguais ao longo do ciclo da cultura.

- O método de estimativa de ETC do Tanque Classe A, apresenta valores superiores aos métodos de Penman simplificado e radiação;

- O uso de casa de vegetação pode ser uma forma de racionalizar o consumo de água, otimizando os processos de irrigação e diminuindo, portanto, os custos de aplicação de água em plantios comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, D.R.B., KLAR, A.E. Comparação entre métodos para estimar a evapotranspiração de referência em túnel de plástico. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 26-34, 1996.
- ASSIS, S.V., ESCOBEDO, J.F. Radiação solar Global e Difusa em estufas com orientações Leste-Oeste e Norte-Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais...** Campos do Jordão : SBMET, 1996, 1499 p. p. 536-40.
- BASTOS, E.A. **Determinação dos coeficientes de cultura da alface (*Lactuca sativa*, L.)**. Botucatu, 1994, 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1994.
- BURIOL, G.A., SCHENEIDER, F.M., ESTEFANEL, V. et al. Modificações da temperatura mínima do ar causadas por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 43-49, 1993.
- BURIOL, G.A., LUFT, S.V.L., HELDWEIN, A.B. et al. Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 17-24, 1997.
- DANTAS, R.T. **Parâmetros meteorológicos e análise de crescimento da alface (*Lactuca sativa*, L.) em ambientes natural e protegido**. Botucatu, 1997, 109 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1997.
- DOOREMBOS, J., KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome : FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33)
- FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S.R. et al. Efeito de cobertura plástica sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 31-36, 1993.
- FRISINA, V.A., ESCOBEDO, J.F. Aplicação de um albedômetro no balanço de radiação da cultura de alface (*Lactuca sativa*, L) em estufa de polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba : SBA, 1997, 759 p. p. 210-212.
- GALVANI, E., DANTAS, R.T., ESCOBEDO, J.F. et al. Balanço de energia em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L), em condições de estufa com orientação Leste-Oeste e Norte-Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba : SBA, 1997, 759 p. p.500-502.
- HEIZMANN, C.J., ANDRIOLO, J.L. Evaporação da água no interior e exterior de estufa de polietileno. 2. Evaporação medida no tanque Classe A. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, I, 1991, Santa Maria, RS, **Anais...**, Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 374 p. p. 80.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid : Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias - INIA, 1978. 43 p. (Hoja Técnica, 19).
- MARTINS, S.R., GONZALEZ, J.F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem cultivado em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 31-37, 1995.
- MEDEIROS, J.F., PEREIRA, F.A. de C., FOLEGATTI, M.V. et al. Comparação entre a evaporação em tanque Classe A padrão e em mini tanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba : SBA, 1997, 759 p. p. 228-230.
- PEREIRA, A.R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba : FEALQ, 1997. 183 p.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Eng.**, v. 118, p. 977-

Tabela 3. Variação média da ETC entre a condição externa e as CV (L-O) e (N-S).

SAT*	CV L-O		CV N-S		Externa
	Méd	Δ%	Méd	Δ%	
01	7,4	54	7,1	52	13,6
02	4,8	37	4,5	35	12,9
03	5,4	33	5,3	32	16,5
04	7,5	47	7,0	44	15,8
05	8,6	65	7,6	57	15,3
06	11,5	44	10,4	39	26,4
07	11,1	50	10,3	46	22,2
Média	8,0	46	7,5	44	17,2

* Semanas após o transplante 980, 1992.

STANHILL, G. The use of the Piche evaporimeter in the calculation of evaporation. **Quarterly Journal of Royal Meteorology Society**, v.88, p. 80-82, 1962.

VILLA NOVA, N. A., OMETTO J. C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., 1981, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : SBRH, 1981. p. 281-299.