

BALANÇO DE ENERGIA EM CULTURA DE ALFACE (*Lactuca sativa*, L.) EM CONDIÇÕES DE ESTUFA COM ORIENTAÇÕES LESTE-OESTE E NORTE-SUL

Emerson GALVANI¹, Renilson Targino DANTAS², João Francisco ESCOBEDO³, Manuel Enrique Gamero GUANDIQUE¹

RESUMO

O experimento desenvolveu-se junto as imediações do Departamento de Biofísica da Universidade Estadual Paulista "Campus Rubião Júnior", Botucatu, SP, que apresenta como coordenadas geográficas 22° 54' S de latitude, 48° 27' W de longitude e 850 m de altitude. Quantificou-se e estimou-se alguns componentes do Balanço de Energia em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.), em condições de estufa de polietileno com orientação Norte-Sul (N-S) e Leste-Oeste (L-O).

INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil e, em especial na região sul do país têm-se observado um aumento do uso de estufas com cobertura plástica, contudo as alterações microclimáticas provocadas por esse ambiente ainda não são satisfatoriamente conhecidas. Elementos como temperaturas do ar e do solo, umidade, radiação solar, o balanço de energia, entre outros, são alterados, ora aumentando-os, ora reduzindo-os em relação às condições externas.

ASSIS & ESCOBEDO (1996), estudando a radiação global e difusa em estufas 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%.

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).

De modo geral, os trabalhos apresentados na literatura não mencionam o sentido de orientação da estufa, ou quando mencionado observa-se certa preferência pela orientação L-O. Contudo, é sabido que a fração de energia absorvida por uma superfície é função do cosseno deste ângulo com a referida superfície, portanto diferentes orientações das estufas proporcionaram diferentes ângulos de incidência e, por conseguinte alterações nos parâmetros meteorológicos internos a esta. O trabalho, objetiva portanto quantificar e estimar alguns componentes do balanço de energia e, determinar como o saldo de radiação recebida por uma cultura de alface se reparte nos diferentes processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo, e também verificar o efeito de diferentes orientações das estufas (L-O e N-S) nos componentes do balanço de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nas imediações do Departamento de Biofísica da Universidade Estadual Paulista "Campus Rubião Júnior", Botucatu, SP, que apresenta como coordenadas geográficas 22° 54' S de latitude, 48° 27' W de longitude e 850 m de altitude. Os valores de saldo de radiação foram medidos por dois saldo radiômetros REBS (Radiation Energy Balance Systems) instalados no centro das duas estufas a uma altura de 1,0 m, sendo os fatores de calibração de $K_{srL-O} = 79,5 \text{ mVm}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ e $K_{srN-S} = 31,0 \text{ mVm}^2 \cdot \text{W}^{-1}$, respectivamente para as estufas L-O e N-S.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas com auxílio de psicrômetros não ventilados, instalados a 0,5 m e 1,0 m acima do solo, em ambas as estufas. A umidade relativa foi calculada através de tabelas psicrométricas. A temperatura do solo foi obtida através de geotermômetros, com sensibilidade de décimo de grau, instalados a 0,1 m e 0,2 m de profundidade, nas

¹ Mestre Agrometeorologia ESALQ/USP, Doutorando Energia Agricultura, FCA-UNESP-Botucatu.

² Prof. Adjunto do DCA/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, Dout. Energia Agric., FCA-UNESP-Botucatu.

³ Prof. Assistente Dr. Departamento Ciências Ambientais, FCA/UNESP, Botucatu-SP.

duas estufas. Com o valores de temperatura do solo estimou-se o fluxo de calor no solo, calculado através da difusividade térmica de acordo com OMETTO (1981): $k = D \cdot \rho \cdot c$ (1), onde k é a condutividade térmica do solo ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), D é a difusividade térmica do solo ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) determinado por DANTAS et al (1996) na referida área. ρ e a densidade global do material ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) determinado por SOUZA (1996) para o mesmo solo onde foi conduzido o experimento e, c é o calor específico do material ($\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), o qual foi adotado um valor médio de $0,19 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, adotado por MOTTA (1989) para a maioria dos tipos de solos. Assim o fluxo de calor no solo pode ser estimado a partir do gradiente de temperatura do solo a partir da equação: $G = k \cdot \Delta t / \Delta z$ (2), onde G é o fluxo de calor no solo (convertidos em $\text{Mj} \cdot \text{m}^{-2}$) e $\Delta t / \Delta z$ é o gradiente de temperatura observados entre os níveis 10 cm e 20 cm ($^\circ\text{C} \cdot \text{cm}^{-1}$).

O cálculo do balanço de energia foi baseado no procedimento de Bowen, descrito por VILLA NOVA (1973). Para isso considerou-se que: as medidas fossem efetuadas a uma baixa altura e dentro de área tampão suficientemente extensa, as divergências horizontais de calor latente e sensível são desprezíveis, ou seja considerou-se apenas o balanço vertical, os termos armazenamento de calor latente e sensível dentro da cultura (porte baixo) também foram desprezíveis, a fração de energia utilizada em sínteses biológicas quase nunca ultrapassa 2% do saldo de radiação, a equação geral do balanço de energia pode ser descrita da seguinte forma: $R_n + H + LE + G \cong 0$ (3), onde R_n é o saldo de radiação sobre a superfície, H é o fluxo convectivo de calor sensível, LE é o fluxo convectivo de calor latente (evapotranspiração) e G é o fluxo de calor no solo, sendo todos os parâmetros expressos em $\text{Mj} \cdot \text{m}^{-2}$.

No cálculo do balanço de energia os fluxos que chegavam ao sistema (cultura de alface), foram considerados positivos, enquanto os fluxos que saíam do sistema foram considerados negativos. Assim, o topo da cultura e a superfície do solo foram considerados os limites, superior e inferior do sistema. Portanto, acima da cultura os fluxos ascendentes eram negativos e vice-versa e, no interior do solo os fluxos ascendentes eram positivos e vice-versa.

RESULTADOS E CONCLUSÃO

A tabela 1 e figuras 1.a, b, c e d, mostram os componentes do balanço de energia e a razão de Bowen, quantificados e estimados conforme metodologia proposta. No dia 22.06.96 na estufa L-O notou-se inversão do gradiente de temperatura com os valores de H sempre positivos e LE superior ao saldo de radiação (R_n).

Tabela 1: Valores horários dos componentes do Balanço de Energia ($\text{Mj} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) e da Razão de Bowen.

Horas	Estufa Leste-Oeste (22/06/96)					Estufa Norte-Sul (22/06/96)				
	Rn	G	LE	H	β	Rn	G	LE	H	β
08:00	0,276	-0,0016	-0,291	0,016	-0,056	0,266	-0,0059	-0,344	0,084	-0,244
09:00	0,440	-0,0007	-0,513	0,073	-0,143	0,891	-0,0044	-0,802	-0,085	0,106
10:00	1,366	-0,0005	-1,680	0,314	-0,187	1,204	-0,0007	-1,583	0,380	-0,240
11:00	1,637	0,0005	-1,796	0,158	-0,088	1,284	0,0029	-1,197	-0,090	0,075
12:00	1,012	0,0011	-1,235	0,222	-0,180	0,677	0,0044	-0,667	-0,014	0,022
Média	0,95		-1,103			0,860		-0,919		
Horas	Estufa Leste-Oeste (05/07/96)					Estufa Norte-Sul (05/07/96)				
	Rn	G	LE	H	β	Rn	G	LE	H	β
08:00	0,023	-0,003	-0,048	0,028	-0,584	0,052	-0,001	-0,075	0,019	-0,254
09:00	0,255	-0,003	-0,312	0,060	-0,193	0,282	-0,001	-0,369	0,088	-0,238
10:00	1,162	-0,003	-1,349	0,190	-0,141	1,166	-0,001	-1,760	0,595	-0,338
11:00	1,493	-0,003	-1,753	0,263	-0,150	1,056	-0,001	-1,231	0,176	-0,143
12:00	1,051	-0,001	-1,204	0,154	-0,128	0,738	0,003	-0,805	0,064	-0,079
Média	0,797		-0,933			0,660		-0,848		

Para a estufa N-S os valores de R_n as 09h00min e 11h00min foram superiores a LE , talvez pelo fato da abertura lateral das cortinas e, conseqüente transporte de calor do interior para o exterior da estufa. Para o dia 05.07.96 os valores de LE foram sempre superiores a R_n , em todos os horários de leitura.

A Razão de Bowen apresentou um único horário (05.07.96 as 08h00min) com valor crítico estabelecido por TANNER (1960). Segundo este autor valores de Bowen entre -0,5 e -1,5 podem levar a valores de LE , considerados não consistentes.

Comparativamente a estufa L-O apresenta valores médios de Rn e LE superiores aos encontrados na estufa N-S, mostrando maior eficiência no processo captação e armazenamento de energia, o que resultará em maiores ganhos pela cultura que se encontra na estufa L-O. A relação LE/Rn esteve na maioria das observações acima de uma unidade, com exceção àqueles dias em que Bowen apresentou-se positivo.

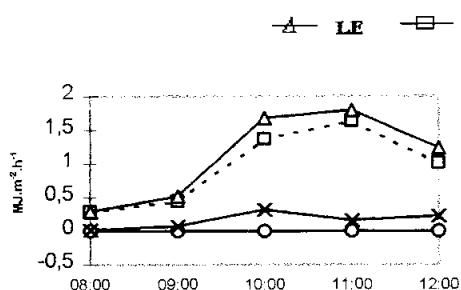


Figura 1.a: Componentes do Balanço de energia em estufa Leste-Oeste (22.06.96).

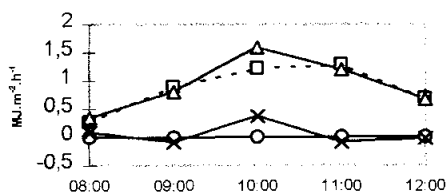


Figura 1.b: Componentes do Balanço de energia em estufa Norte-Sul (22.06.96).

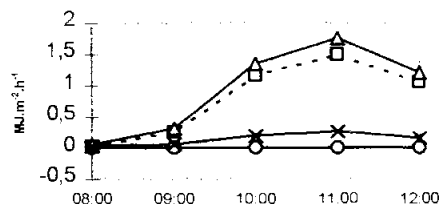


Figura 1.c: Componentes do Balanço de energia em estufa Leste-Oeste (05.07.96)

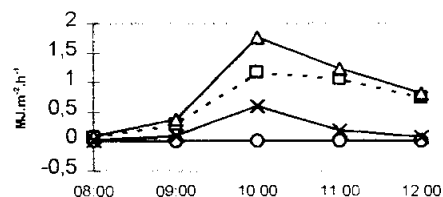


Figura 1.d: Componentes do Balanço de energia em estufa Norte-Sul (05.07.96).

BIBLIOGRAFIA

- ASSIS,S.V. & ESCOBEDO,J.F. Radiação solar Global e Difusa em estufas com orientações Leste-Oeste e Norte-Sul. **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, IX. SBMET, 1996.** p.536-540.
- BURIOL, G.A., SCHENEIDER, F.M., ESTEFANEL,V., ANDRIOLO, J.L. Modificações da temperatura mínima do ar causadas por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, 1:43-49, 1993.**
- DANTAS, R.T.; ESCOBEDO,J.F.; ASSIS,S.V. Influência de casa de vegetação no crescimento e produção da Alface (*Lactuca sativa* L.). **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, IX. SBMET, 1996.** p.334-6.
- FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S.R., BERLATO, M.A., OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e na umidade relativa do ar provocados pelo uso de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, 1:51-62, 1993.**
- MOTTA, F.S. **Meteorologia Agrícola.** São Paulo, Nobel, 1989. 376p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo, Agronômica CERES, 1981, 440p.
- SOUZA, J.L. de. **Saldo Radiômetro com termopilha de filme fino e aplicação no balanço de radiação e energia em cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) com e sem cobertura de polietileno.** Botucatu, 1994. 139p. (Doutorado em Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista).
- TANNER, C.B. Energy Balance approach to evapotranspiration from crops. **Proc. Soil Sci. Soc. Am. 24:1-9, 1960.**
- VILLA NOVA, N.A. Estudos sobre balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 89p. (Tese de Livre-Docência).
- Agradecimento: Evandro Tadeu da Silva.