

1. INTRODUÇÃO

O fluxo de calor no solo representa a fração do saldo de radiação transferida por processos de condução ou difusão térmica, principalmente, da superfície para os níveis inferiores do solo e pode representar um acréscimo de energia para o meio, geralmente a noite; ou saída de energia do meio, no período diurno. O fluxo de calor no solo é função da temperatura do solo em diferentes níveis e da condutividade térmica do solo (Reichardt et al., 1993). A condutividade térmica *k* pode ser descrita a partir da lei de Fourier, segundo a qual a densidade de fluxo de calor no solo (FCS) ( $W.m^{-2}$ ) é proporcional ao gradiente de temperatura  $dT/dx$ , isto é:

$$FCS = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Além de depender da composição da fração sólida e principalmente da umidade, a condutividade térmica do solo é também uma função da densidade global deste. Decico (1967) apresenta equações para cálculo de *k* em função da densidade global e da umidade do solo.

Em estudos de balanço de energia a quantificação do fluxo de calor no solo torna-se importante, uma vez que representará a entrada/saída de energia de determinado meio, contribuindo assim para o aumento/redução nos fluxos de calor latente e sensível e, conseqüentemente aumentando/reduzindo as taxas de evaporação e transpiração. Diversos trabalhos mostram que o fluxo de calor no solo representa valores médios entre 4% a 6% da energia líquida disponível (Cunha et al. 1996, Cunha et al. 1994, Teixeira et al. 1997, Azevedo et al. 1997). Contrário a essa afirmativa, alguns autores, considerando que a ordem de grandeza da variação da densidade de fluxo de calor no solo, para períodos iguais ou superiores a 10 dias, é suficientemente pequena, costuma-se desconsiderar esses valores em cálculos de estimativa de evapotranspiração (Jensen, 1973; Pereira, 1990 e Smith, 1991).

O objetivo do trabalho foi avaliar o fluxo de calor no solo em condições de estufa com cobertura de polietileno e campo, em períodos de inverno e verão nas condições climáticas de Botucatu, SP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido junto a área experimental do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, campus de Botucatu, SP, situado na latitude de 22° 51' S, longitude 48° 26' W e, altitude de 786 metros. A estufa construída foi do modelo PLANTPROTEC 700, tipo arco, com área de 280 m<sup>2</sup>, sendo 7,0m de largura, por 40,0 m de comprimento, com laterais a 2,2 m acima do nível do solo e arco central de 4,0 m. O polietileno utilizado na cobertura foi de 120 µm de espessura e as laterais de sombrite a 50%. A estufa foi orientada predominantemente no sentido norte-sul geográfico.

Os fluxímetros foram instalados a 0,02 m de profundidade. Os valores de FCS no solo foram obtidas instantaneamente ( $W.m^{-2}$ ) em intervalos de 5 segundos com

médias geradas a cada 5 minutos. Os totais de energia foram integrados ao longo do dia ( $MJ.m^{-2}$ ) e do ciclo da cultura. O fluxo de calor foi denominado *para* o solo quando os valores foram negativos (período diurno) e fluxo de calor do solo quando o fluxo for positivo (período noturno). Os sensores foram conectados a um coletor de dados automático (Micrologger 21X). A cultura utilizado foi o pepino japonês, tipo salada, híbrido Hokuroo de crescimento indeterminado. O transplântio da cultura foi realizado em 13/05/98 com término do ciclo em 10/09/98, com duração de 121 dias sendo denominado de ciclo de inverno. O ciclo, denominado, de verão iniciou-se em 09/11/1998 com término em 10/02/99 com duração de 103 dias. O espaçamento foi 0,3m entre plantas e 0,7m entre linhas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Fluxo de calor no solo em escala diária.

A Figura 1 mostra as curvas de FCS em diferentes datas. Na data de 02/06/98 os valores apresentam-se menos negativos que na data de 06/11/98 devido ao menor nível de radiação no período de inverno, conseqüentemente, menores fluxos de energia para os níveis inferiores do solo.

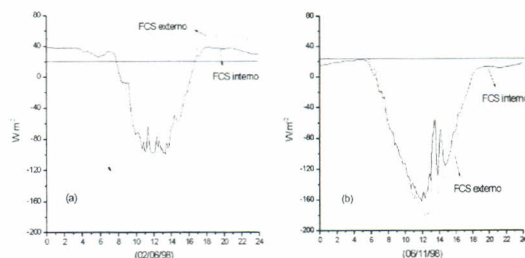


Figura 1: Fluxo de calor do/para o solo na data de 02/06/98 (a) e 06/11/98 (b) para as condições interna e externa a estufa com cobertura de polietileno.

O período noturno em ambos os ciclos apresentaram valores de FCS maiores que em meio interno em função das maiores perdas de energia para a atmosfera, o que em meio interno é diminuído em função da contra-irradiação do polietileno.

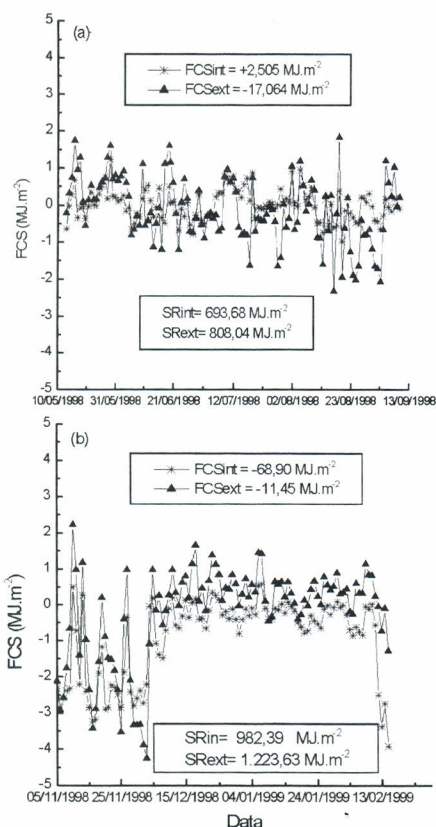
3.2- Fluxo de calor no solo em período de inverno e verão

O ciclo de inverno apresentou valores integrados ao longo do ciclo em condição interna de +2,505  $MJ.m^{-2}$  e -17,064  $MJ.m^{-2}$  em condição externa. Valores negativos representam que o fluxo de energia foi para o solo e positivos que os fluxos foram para a atmosfera. Comparativamente, os valores integrados representaram em relação ao saldo de radiação +0,32 e -2,11% para a condição interna e externa, respectivamente.

A Figura 2 b mostra a curva de FCS do/para o solo durante o ciclo de verão. Os valores de FCS interno a estufa representaram -68,90  $MJ.m^{-2}$  e externo de -11,45  $MJ.m^{-2}$ . Observa-se até a data de 30/12 que o FCS foi função do saldo de radiação oscilando na mesma proporção que este, contudo quando se forma um dossel homogêneo da cobertura vegetal observa-se pequenas variações dos valores de FCS, devido ao sombreamento do solo,

<sup>1</sup> Dep. de Recursos Naturais, FCA, UNESP, Botucatu, SP. CEP 18603-970. E-mail: galvani@fca.unesp.br



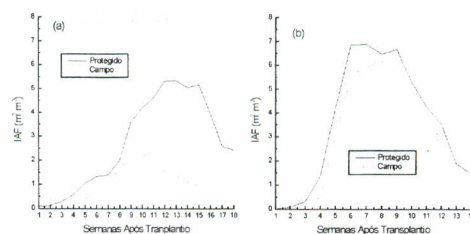


**Figura 2:** Fluxo de calor no solo nas condições interna (FCSint) e externa (FCSext) a estufa para os ciclos de inverno (a) e verão (b).

diminuindo os níveis de radiação que atinge a superfície, conforme podemos observar as curvas de índice de área foliar da Figura 3 (a e b). Após a retirada da cultura em 10/02/98 os valores de FCS voltam a ser função do saldo de radiação disponível. Para este período o FCS representou  $-7,01$  e  $-0,94\%$  do saldo de radiação acumulado para este período, evidenciando a importância da quantificação do FCS em estudos de balanço de energia e uso de modelos de estimativa de evapotranspiração.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos e as condições experimentais, concluiu-se que o fluxo de calor no solo foi dependente da cobertura do solo pela cultura e representou contribuição significativa no saldo de radiação, principalmente em ciclo de verão em condição de estufa.



**Figura 3:** Índice de Área Foliar em condições interna (IAFinterno) e externa (IAFexterno) a estufa em ciclos de inverno (a) e verão (b)

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP pelos recursos financeiros (nº 96/08974-7)

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, P.V. de; TEIXEIRA, A.H. de C.; SILVA, B.B.; SOARES, J.M.; SARAIVA, F.A.M. Avaliação de reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo de videira europeia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5(1):1-7, 1997.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 2:6-16, 1994.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Balanço de energia em cultura de milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 4(1):1-14, 1996.
- DECICO, A. *A condutividade térmica dos solos*. Piracicaba, 1967. 73p. (Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /USP).
- JENSEN, M.E. *Consumptive use of water and irrigation water requirements*. New York, ASCE, 1973. 215p.
- PEREIRA, A.R. *Análise do modelo de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração potencial*. Piracicaba, 1990. 68p. (Livre docência. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- REICHARDT, K. *Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas*. Dep. de Física e Meteorologia, ESALQ, USP. 1993, 505p. (Apostila).
- SMITH, M. *Report on the experiment consultation os procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requiremnts*. Rome, FAO, 1991. 45p.
- TEIXEIRA, A.H. de CASTRO, AZEVEDO, P.V. de.; SILVA, B.B. da.; SOARES, J.M. Balanço de energia na cultura de videira, CV Itália. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5(2):137-141, 1997.