

AVALIAÇÃO DE TEMPERATURA E FLUXO DE CALOR NO SOLO DENTRO E FORA DE CASA DE VEGETAÇÃO CULTIVADAS COM PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

Marcelo Augusto de **AGUIAR E SILVA**¹, Emerson **GALVANI**², João Francisco **ESCOBEDO**³,
Eduardo Nardini **GOMES**⁴

RESUMO

Avaliou-se ao longo do ciclo da cultura de pepino nas condições climáticas de Botucatu, SP, a temperatura do solo a 0,10, 0,20 e 0,30 m de profundidade, o fluxo de calor no solo a 0,02 m em condições interna e externa a casa de vegetação. Os dados foram coletados em intervalos de 15 segundos e armazenados médias a cada 5 minutos, totalizando 288 observações diárias. A temperatura média do solo ao longo do ciclo da cultura de pepino em condições externas apresentou valores ligeiramente superiores a condição interna nas profundidades de 0,10 e 0,20 m e, valores inferiores para a profundidade de 0,30 m. O fluxo de calor no solo integrado ao longo do ciclo em condições externas representou retirada de energia do meio para o interior do solo (valores negativos) e, em condições internas fluxos de calor no sentido do solo para o meio (valores positivos). Existe um atraso na propagação da onda de calor no interior do solo, podendo leituras pontuais não expressarem um comportamento fidedigno da variação diária da temperatura do solo.

INTRODUÇÃO

A importância no conhecimento do comportamento horário, diário e estacional da temperatura do solo torna-se de fundamental importância para regiões e épocas do ano que apresentem valores, que possam inibir ou prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, seja por valores elevados quanto por valores muito baixos. O fluxo de calor no solo (FCS) é função da temperatura do solo em diferentes níveis e da condutividade térmica do solo, sendo influenciados diretamente pela variação da temperatura do solo. Em estudos de balanço de energia a quantificação do FCS torna-se importante, uma vez que representará a entrada/saída de energia de

¹ Aluno do curso de Eng. Agrônômica, Bolsista PIBIC.

² Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, 18603-970, Cx. P. 237, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: galvani@fca.unesp.br. Bolsista FAPESP processo nº 08974/7.

³ Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, SP, Brasil. Caixa Postal 237, C.E.P. 18.603-970. E-mail: escobedo@fca.unesp.br.

⁴ Aluno do Curso de Eng. Agrônômica, Bolsista de capacitação técnica FAPESP 98/00755-0.

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.

A temperatura do solo é o elemento do ambiente que determina a velocidade de germinação das plântulas, sendo sua influência maior nos subperíodos semeadura-emergência e crescimento inicial, quando ocorrem acentuadas amplitudes térmicas diárias, principalmente próximo a superfície (Schneider et al, 1993). As hortaliças como beringela, pimentão, tomateiro e melão encontram temperaturas adequadas de desenvolvimento entre 15 e 20 °C (Castillo, 1983).

Observações de temperatura do solo são normalmente efetuadas as 9, 15 e 21 horas local, contudo essas observações podem mascarar o comportamento real deste elemento ao longo do dia, visto que as temperaturas máximas apresentam um atraso em sua ocorrência a medida que aumentamos a profundidade no solo. Reichardt (1993), afirma que a amplitude térmica do solo diminui drasticamente com a profundidade e, o atraso na propagação da onda de calor é tanto maior quanto maior for a profundidade. Assim, os valores máximos e mínimos obtidos através de leituras pontuais com geotermômetros podem não estar realmente caracterizando o comportamento da temperatura do solo ao longo do dia e do ano.

O objetivo do presente trabalho foi quantificar a temperatura do solo em três profundidades (0,10, 0,20 e 0,30 m) e o fluxo do calor no solo ao longo do ciclo de uma cultura de pepino conduzido dentro e fora de casa de vegetação no período de inverno nas condições climáticas de Botucatu, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Campo experimental e manejo da cultura

O trabalho foi conduzido junto a área experimental do Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, campus de Botucatu. O experimento teve início com o transplântio das mudas em 13 de maio e término em 11 de setembro de 1998, totalizando 122 dias de ciclo, sendo denominado ciclo de inverno. As mudas foram previamente semeadas 15 dias antes do transplântio em bandejas de estiropor com 108 células cada unidade em substrato plantmax. A variedade utilizada foi a hokuro de crescimento indeterminado, sendo tutorada até altura de 1,80 m em suportes de bambu intercalados por fita de polietileno distanciadas 0,15 m. O espaçamento utilizado foi de 0,30 m entre plantas e 0,7 na linha. Foram utilizadas duas parcelas de 7,0 de largura por 40,0 m de comprimento sendo uma dentro e outra externa a casa de vegetação. A irrigação foi efetuada a partir de lâmina de água evapotranspirada em lisímetros de lençol freático constante instalados três unidades dentro e três externas a casa de vegetação. Estabeleceu-se uma equação de regressão entre tempo e vazão dos gotejadores, assim, a lâmina

evapotranspirada era repostada no dia seguinte, mantendo o sistema ligado por um tempo proporcional a lâmina.

Instrumental utilizado

A temperatura do solo foi monitorada com uso de sensores comerciais modelo 107B (Campbell Scientific, Inc.) tendo como elemento sensível termistores, assim a temperatura do solo foi medida em função de uma alteração na resistência a passagem de uma corrente elétrica. Os sensores de temperatura do solo foram instalados a 0,10, 0,20 e 0,30 m de profundidade dentro e fora da casa de vegetação. Fluxímetros instalados a 0,02 m de profundidade monitoraram o fluxo de calor para o solo (FCS) e foram dispostos na parcela central da área experimental entre duas linhas de plantio. As constantes de calibração utilizadas foram $K_{FCSint} = 35,8 \text{ W.m}^{-2}.\text{mV}^{-1}$ e $K_{FCSext} = 36,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{mV}^{-1}$. Esse conjunto de sensores foi conectado a um DATALLOGGER 21 X por intermédio de um multiplexador para até 32 canais. Os dados foram coletados na frequência de 15 segundos e médias armazenadas a cada cinco minutos, totalizando 288 observações diárias, em seguida transferidos para um micro por intermédio de módulo de memória e manipulados através de programas específicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a . Variação diária da temperatura e fluxo de calor no solo

A figura 01 (a) mostra a variação da temperatura do solo em diferentes profundidades dentro e fora de casa de vegetação na data de 31 de julho de 1998, a escolha desse dia baseou-se no fato deste ser um dia considerado “dia limpo” e seguido de vários “dias limpos”, evidenciando assim uma condição de equilíbrio entre as trocas de calor solo/atmosfera. Os valores máximos apresentam-se mais elevados em condições externas (tabela 01) nas profundidades 0,10 (21,4 °C) e 0,20 (20,2 °C), devido a maior disponibilidade de energia durante o período diurno. Contudo, as mínimas para essas profundidades e condições são inferiores a condição interna devido as elevadas perdas de energia durante o período noturno. Conseqüentemente, as maiores amplitudes térmicas são observadas em condições externas com 4,8 °C para a profundidade de 0,10 m, 3,0 °C e 1,7 °C, para as profundidades de 0,20 e 0,30 m, respectivamente. Observa-se também que existe um certo “atraso” na ocorrência da temperatura máxima nas diferentes profundidades, como exemplo a temperatura máxima externa a 0,10 m ocorreu as 17h00min, a 0,20 m ocorreu as 19h05min e a 0,30 m as 20h55min. Para a condição interna a máxima ocorreu as 17h40min, 20h20min e 21h05min para as profundidades de 0,10, 0,20 e 0,30 m respectivamente. Este atraso na ocorrência da

temperatura máxima é resultado da condução do calor para o interior do solo atingindo inicialmente os primeiros níveis e propagando-se para os níveis inferiores.

Tabela 01: Valores máximos, mínimos, médios e amplitude térmica para o dia 31 de julho de 1998, em condições interna e externa a casa de vegetação.

Interno a casa de vegetação											
Tsolo (0,10 m)				Tsolo (0,20 m)				Tsolo (0,30 m)			
Máx.	Mín.	Méd	Ampl.	Máx.	Mín.	Méd	Ampl.	Máx.	Mín.	Méd	Ampl.
20,0	17,0	18,3	3,0	19,3	17,4	18,2	1,9	20,0	18,6	19,2	1,4
Externo a casa de vegetação											
Tsolo (0,10 m)				Tsolo (0,20 m)				Tsolo (0,30 m)			
Máx.	Mín.	Méd	Ampl.	Máx.	Mín.	Méd	Ampl.	Máx.	Mín.	Méd	Ampl.
21,4	16,6	18,7	4,8	20,2	17,2	18,6	3,0	19,6	17,9	18,7	1,7

O fluxo de calor no solo (figura 1b) para este dia (31/07/98) apresentou em condição interna $+0,163 \text{ MJ.m}^{-2}$ e em condição externa $-0,593 \text{ MJ.m}^{-2}$. Valores positivos representam perdas de calor do solo para a superfície e valores negativos da superfície para o interior do solo. A curva diária de fluxo de calor no solo mostra comportamento semelhante e inverso a curva de irradiância global, não apresentando atraso como ocorre com a temperatura do solo. Isso ocorre devido ao fato dos fluxímetros estarem instalados a 0,02 m, “praticamente” expostos a irradiância solar.

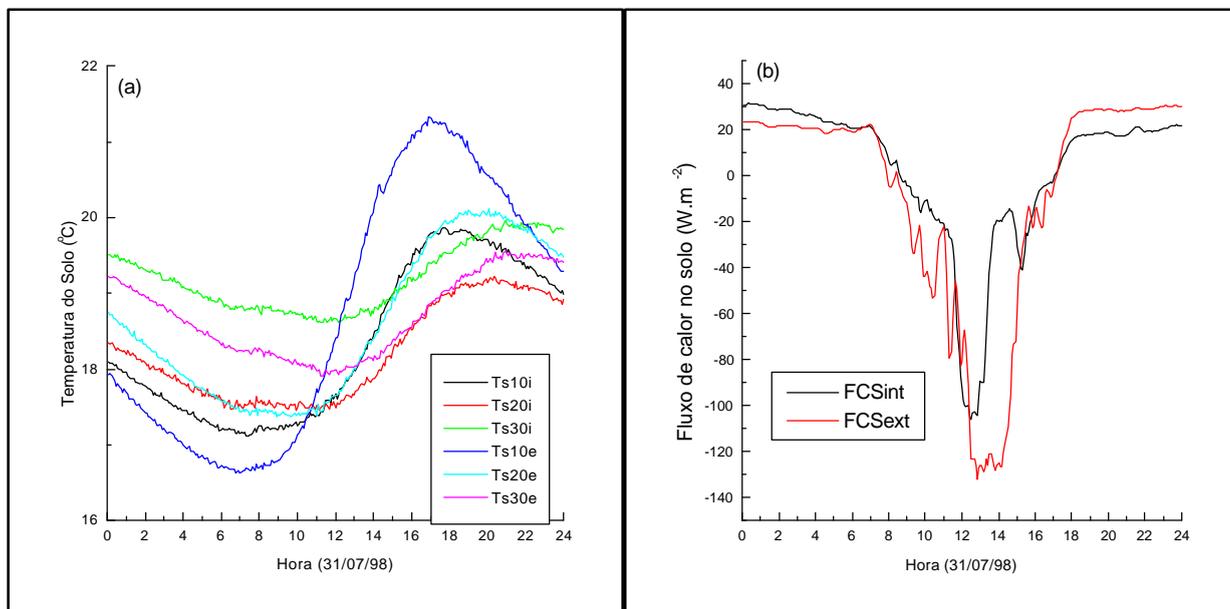


Figura 01: Variação horária da temperatura do solo (a) a 0,10, 0,20 e 0,30 m de profundidade e fluxo de calor no solo (b) a 0,02 m de profundidade em condição interna e externa a casa de vegetação para a data de 31/07/98.

b. Variação da temperatura e fluxo de calor no solo ao longo do ciclo da cultura

A variação da temperatura média ao longo do ciclo da cultura de pepino (figura 2 a) mostra para as condições externas valores médios de 20,34, 19,60 e 19,39 °C para as profundidades de 0,10, 0,20 e 0,30 m respectivamente. Para as condições internas os valores médios mais elevados ocorreram na profundidade de 0,30 m (20,32 °C) justificado pela menor amplitude térmica e menores perdas de energia para os níveis superiores e para a atmosfera. A camada de 0,15 a 0,25 m (média 0,20 m) apresentou valores médios intermediários entre as camadas de 0,10 e 0,30 m, registrando valores médios de 19,57 °C. Valores encontrados por Schneider et al. (1993) nas condições climáticas de Santa Maria, RS, e baseado em observações efetuadas as 9, 15 e 21 horas, mostram valores de temperatura média interna a 0,10 e 0,20 m sempre superiores àqueles obtidos em condições externas. Pezzopane et al. (1996) trabalhando com cobertura de palha de café nas condições climáticas de Alegre, ES, encontraram valores que justificam o uso desta cobertura na diminuição da amplitude térmica do solo, principalmente nas horas de maior intensidade de irradiância solar.

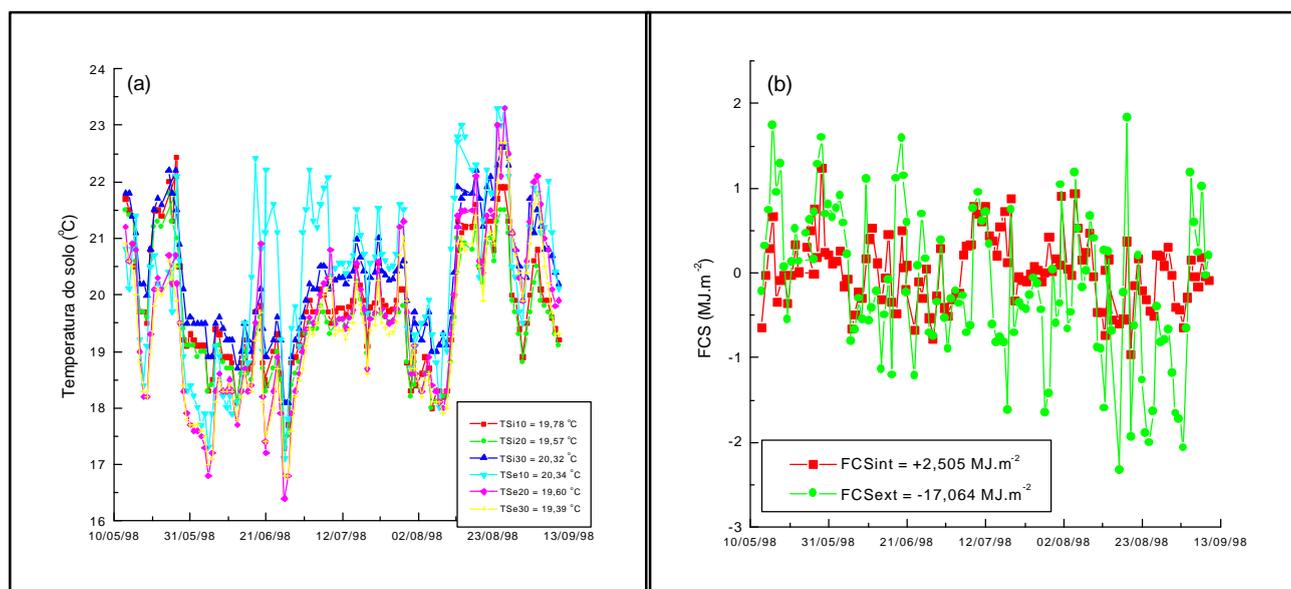


Figura 02: Variação da temperatura do solo (a) a 0,10, 0,20 e 0,30 m de profundidade e fluxo de calor no solo (b) 0,02 m em condição interna e externa a casa de vegetação para o ciclo da cultura de pepino.

Os valores integrados de fluxo de calor no solo ao longo do ciclo da cultura (figura 2b), apresentaram em condição interna $+2,505 \text{ MJ.m}^{-2}$ e em condição externa $-17,064 \text{ MJ.m}^{-2}$. Esses valores evidenciam para as condições externas fluxos de calor para o solo (valores negativos) e internamente fluxos de calor do solo para a superfície (valores positivos). Em termos percentuais o

FCS representou +0,32% e -2,11% do saldo de radiação em condições interna e externa, respectivamente.

A variação da temperatura do solo nas diferentes profundidades e ambas as condições de ambiente em estudo, estiveram ao longo do ciclo relacionadas ao desenvolvimento da cultura que a partir da 3 semana encontrava-se cobrindo boa parte do solo e, também em função da disponibilidade de energia representado pelo saldo de radiação. Nas últimas semanas do ciclo a temperatura do solo volta a elevar-se em função do aumento da disponibilidade de energia e da maior exposição do solo a irradiância solar, visto que, nessa fase a cultura encontrava-se em fase de senescência, diminuindo o sombreamento do solo.

CONCLUSÕES

A temperatura média do solo ao longo do ciclo da cultura de pepino em condições externas apresentou valores superiores a condição interna nas profundidades de 0,10 e 0,20 m e, valores inferiores para a profundidade de 0,30 m. O fluxo de calor no solo ao longo do ciclo da cultura de pepino em condições externas representou retirada de energia do meio para o interior do solo (valores negativos) e, em condições internas fluxos de calor no sentido do solo para o meio (valores positivos). Existe um atraso na propagação da onda de calor no interior do solo, podendo leituras pontuais não expressarem um comportamento fidedigno da variação diária da temperatura do solo .

BIBLIOGRAFIA

- CASTILLO, F.B. Problemas de cuajado de frutos en cultivos hortícolas bajo plástico y médio de mejorarlo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA CON PLÁSTICOS, 10, 1983. México. (Publicação avulsa da Estacion Experimental “Las Palmerillas” Almeria, España, n.p.)
- PEZZOPANE, J.E..M.; CUNHA, G. de M.; ARNSHOLZ, E.; COSTALONGA JÚNIOR, M. Temperatura do solo em função de cobertura morta por palha de café. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n.2, p.7-10, 1996.
- REICHARDT, K. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas. Piracicaba, USP/ESALQ, Dep. De Física e Meteorologia, 1993, 505p.
- SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, F.L.; ESTEFANEL, V.; STRECK, N.A. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa

densidade em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n.1, p.37-42, 1993.

SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; BURIOL, G.A. Modificações físicas causadas pela solarização do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n.1, p.149-57, 1993.

STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A. Intensified soil solarization with low tunnel: effects on soil temperature and carrot yield. . **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n.1, p.25-30, 1997.