

## **DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA NO INTERIOR DE UMA ESTUFA PLÁSTICA NO PERÍODO DO INVERNO**

**Antonio Evaldo Klar; Cleber Junior Jadoski; Marcio Furlan Maggi; Juliana Ramiro; Alexandre Barreto Almeida dos Santos**

*Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Botucatu, SP, klar@fca.unesp.br*

### **1. RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo estudar a distribuição da energia no interior de um ambiente protegido durante o período do inverno do ano de 2005. O experimento foi instalado em uma estufa de polietileno na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA). Para analisar a distribuição da energia, foram utilizados microevaporímetros plásticos de 500 ml (13,7 cm de diâmetro e área de 147 cm<sup>2</sup>) com o que foram obtidos os valores respectivos de evaporação que integram os elementos meteorológicos envolvidos. Foram instalados 132 microevaporímetros distribuídos em três alturas, 0,40, 0,80 e 1,20 m, a partir da superfície do solo, perfazendo 44 pontos uniformemente distribuídos. A estufa plástica é do tipo túnel com 7,5m de largura por 27,5m de comprimento, 3,20m de altura no centro e 2,00m nas paredes laterais fechadas com tela do tipo “sombrite”. A orientação noroeste/sudeste, com base no norte verdadeiro, foi adotada para o eixo longitudinal da estufa. Para a comparação das variáveis, foram utilizados princípios da geoestatística com auxílio do programa  $\square$ GS+. Os dados obtidos permitiram chegar as seguintes conclusões: foram observadas variações significativas da evaporação em diferentes regiões e alturas da estufa; os valores mais elevados ocorreram próximo à superfície do solo no mês de julho e em alturas mais elevadas nos meses de agosto e setembro. A região que teve maior evaporação ocorreu no lado sudeste da estufa.

**UNITERMOS:** microevaporímetro, orientação geográfica, geoestatística.

**KLAR, A. E., JADOSKI, C.J.; MAGGI, M. F.; RAMIRO, J; SANTOS, A. B. A. dos.  
ENERGY DISTRIBUTION IN A PLASTIC TUNNEL IN WINTER PERIOD**

### **2 ABSTRACT**

This work aimed to study the energy distribution in protected environment during the winter of 2005. A plastic tunnel (27.5 m long, 7.5 m wide, 3.2 m high in the center and 2.00 m high in both lateral sides) was covered with polyethylene 100 micra and black shadow screen (sombrite) in lateral sides at the FCA/UNESP, Botucatu – SP. 142 minievaporimeters (500 ml volume and 147 cm<sup>2</sup> area) were evenly distributed and set up at three heights: 0.40 m; 0.80 m and 1.20 m from soil surface in order to analyze energy distribution along the studied area. The greenhouse longitudinal axis was northwest/southeast, based on true north. Geostatistics principles and the  $\square$ GS+ Program were adopted to compare variables. From obtained

results, it was concluded that there were significant evaporation variations at different points and heights; the highest values were the ones closest to the soil surface (0.40m) in July and at highest heights (0.80 and 1.20m). Highest evaporations occurred in the southeastern side of the greenhouse.

**KEYWORDS:** microevaporimeters; greenhouse position; Geostatistics.

### 3. INTRODUÇÃO

Cada vez mais surge a necessidade do aumento da produção de alimentos no mundo. Com a utilização de tecnologias que verticalizam a produção, o homem consegue atingir elevados índices de produção em quase todos os setores da agricultura, pois a expansão de áreas agrícolas é restrita e privilégio de apenas alguns países. A utilização de áreas agricultáveis deve ser utilizada de modo racional e de forma a garantir a manutenção da vida do homem no planeta. Muitas dessas áreas, com o uso intensivo e manejo inadequado acabam ficando comprometidas e provocando perdas e prejuízos, não apenas econômicos, ao produtor, mas também danos ao ambiente inviabilizando o uso das mesmas.

Manejar uma cultura significa modificar o funcionamento natural das plantas que a compõem, a fim de melhor ajustar o seu comportamento de acordo com os objetivos agrônômicos pretendidos. Para realizar o manejo, é necessário conhecer as relações que regem o funcionamento da planta e, em seguida, compreender a forma segundo a qual todas essas relações se encadeiam entre si para resultar no rendimento final (Andriolo, 1999).

As culturas protegidas tornaram-se um sistema de produção muito difundido na agricultura devido à necessidade de fornecer produtos *in natura* e de boa qualidade durante longos períodos do ano.

Nas últimas décadas o cultivo em ambiente protegido no Brasil apresentou crescimento significativo, principalmente para produção de hortaliças e flores. Considerando a importância alimentar das hortaliças, seu custo de produção e seu elevado valor econômico, principalmente na entressafra, tornam-se necessárias pesquisas com o intuito de oferecer tecnologias e técnicas para o aumento de produtividade e redução de riscos.

A literatura mostra um conjunto de práticas e tecnologias (quebra ventos, *mulches* de solo, casas de vegetação, túneis altos, túneis baixos, irrigação, etc), utilizados pelos produtores para um cultivo mais seguro e protegido de suas lavouras (Wintter e Castilla citados por Della Vecchia e Koch, 1999). A distribuição de energia utilizando microevaporímetros é uma tecnologia inédita vista pela primeira vez em Botucatu por Braga e Klar (2003).

No Brasil, Goto (1997) relata que as primeiras citações da utilização do plástico no cultivo de hortaliças são referentes aos trabalhos pioneiros realizados em 1967, que abordam a eficiência deste material em estruturas com a finalidade de proteção contra adversidades climáticas, incluindo trabalhos realizados em Manaus (AM), no final da década de 70, que provaram a eficiência da utilização desse material na produção de hortaliças.

Sganzerla (1997) também relata que no Brasil, na década de 80 a 90, objetivando a difusão da plasticultura, houve uma iniciativa nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo através do desenvolvimento do Projeto São Tomé. Houve um entusiasmo muito grande em função resultados. A estufa plástica foi uma agradável novidade que apareceu e atraiu a atenção de muitas pessoas até mesmo ligadas a outras atividades.

Goto (1997) concluiu que existe grande perspectiva para os cultivos protegidos, pois esta é uma tecnologia bastante utilizada em algumas regiões e os produtores que estão desde o início ou há pelo menos cinco anos na atividade não vão retroceder a tão pouco intencionam voltar a cultivar somente no campo aberto. Considere-se ainda a existência de uma grande perspectiva de expansão desta tecnologia que, utilizando pequenas áreas é capaz de produzir pelo menos uma vez e meia ao dobro do que se consegue produzir a campo aberto, desde que se saiba manejar a estrutura e o ambiente em questão, respeitando a espécie a ser instalada.

A água é um dos bens mais valorizados do planeta, devido a isso, exige tecnologias eficazes no seu uso. O Mapeamento das áreas de evaporação em estufas de polietileno visa à racionalização da aplicação de água e a maximização da produção.

Atualmente, há poucos estudos que tratam da distribuição espacial da evaporação dentro das estufas, principalmente devido às dificuldades de medições e de metodologia (Braga 2000, Braga e Klar, 2003).

Diversos estudos comprovam a existência de variabilidade espacial (Borgelt et al. 1994; Bakhsh et al. 1997; Zaccharias et al., 1997). Criou-se a necessidade de pesquisar, quantificar e analisar estas variabilidades e determinar as melhores técnicas de manejo, nos diferentes ambientes.

O objetivo do trabalho foi estudar a variabilidade espacial da evaporação da água, utilizando-se de microevaporímetros regularmente espaçados em um túnel plástico, a diferentes alturas do solo.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no inverno de 2005, na Fazenda Experimental Lajeado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu, cujas coordenadas geográficas são 22°51'03" de latitude Sul e 48° 25'37" de longitude Oeste de Greenwich, ao nível de 786 m de altitude.

O clima da região é definido como Temperado (Mesotérmico), segundo critério adotado por Köppen. Esta definição foi baseada em médias históricas de 27 anos (1971 a 1998) de observações feitas na Estação Agrometeorologia da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp. A região é constantemente úmida, apresentando precipitação pluvial média de 1516,8 mm e evapotranspiração média anual de 692 mm. A temperatura média anual é de 20,6 °C com temperaturas médias máxima e mínima de 23,5 e 17,4 °C, respectivamente.

O trabalho foi desenvolvido em uma estufa plástica orientada geograficamente no sentido Noroeste/sudeste. A estufa plástica era do tipo túnel alto com cobertura na forma circular, apresentando as seguintes dimensões: largura de 7,5 m, comprimento de 27,5 m, altura do pé direito lateral de 2 m e central de 3,8 metros, coberta longitudinalmente com filmes de polietileno aditivado, espessura de 100 micra. Nas partes laterais e nos fundos foram colocados sombrites 40%.

Com o objetivo de estudar o comportamento espacial da distribuição de energia dentro da estufa, foram instalados 132 microevaporímetros distantes entre si de 1,65 m no sentido longitudinal e 2,50 m no sentido transversal da estufa, distribuídos em três níveis de alturas 0,40, 0,80 e 1,20 m. O microevaporímetro consistia de um recipiente plástico cilíndrico de volume 1,0 L e área de 147 cm<sup>2</sup>. Para determinação das lâminas evaporadas nos microevaporímetros, estes eram preenchidos com 500 ml de água cada, e uma vez por semana

a água resultante em cada microevaporímetro era medida e novamente preenchida para 500 ml de água..

A análise da dependência espacial foi determinada com o auxílio do Programa GIS+ “Geostatistical for Environmental Sciences”, Versão 5.0, que utiliza os valores das variáveis de evaporação associados às suas respectivas coordenadas de campo.

Todos os pares de amostras possíveis foram examinados e agrupados dentro de classes de distâncias (“lags”) e direções aproximadamente iguais. Para esse processo, foram construídos os semivariogramas experimentais (Deutsch e Journel, 1998) e posteriormente definidos os modelos teóricos de semivariogramas (esférico, exponencial, gaussiano, linear e linear com patamar), os quais foram superpostos a seqüência de pontos obtidos no semivariograma experimental, de modo que a curva que melhor se ajustou aos pontos do semivariograma (até onde a curva se estabiliza) representasse a magnitude, alcance e intensidade da variabilidade espacial da variável estudada. O referencial teórico com aplicação da geoestatística e detalhamentos da metodologia podem ser encontrados em Batista et al. (2002) e Santos (2001).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água é o maior constituinte fisiologicamente ativo nos tecidos das plantas além de ser o mais limitante fator ambiental às plantas que, de modo decisivo, afeta o desenvolvimento das culturas (Kramer, 1969). O mapeamento das áreas de evaporação em estufas de polietileno, visa a racionalização da produção através do gerenciamento do consumo de água em áreas de isoevaporação. Atualmente, há poucos estudos que tratam da distribuição espacial da evaporação dentro das estufas. Acredita-se que seja devido às dificuldades de medições e de metodologia., daí a inovação de Braga (2000) e Braga e Klar (2003) para o uso de microevaporímetros uniformemente distribuídos para medição da evaporação pois esta integra todos os elementos de clima.

Como a análise da Geoestatística pressupõe a inexistência de tendências associadas às posições espaciais, verificou-se a existência de padrões nos gráficos das variáveis estudadas em relação às coordenadas de posição, as quais não apresentaram problemas.

**Tabela 1.** Resultado da análise Geoestatística para os microevaporímetros instalados a 0,40m,0,80m e 1,20m do solo.

VARIÁVEL	Julho			Agosto			setembro		
	Esférico			Esférico			Esférico		
Modelo	0,40	0,80	1,20	0,40	0,80	1,20	0,40	0,80	1,20
Efeito Pepita(Co)	0,02470	0,00952	0,00574	0,06490	0,04820	0,0800	0,00460	0,00320	0,00543
Patamar (C <sub>1</sub> )	0,06110	0,03904	0,01688	0,15180	0,21440	0,05230	0,08370	0,04170	0,02626
Alcance(a) (m).	13,60	16,03	11,18	*	*	2,83	*	24,03	*
Escala (α)	4,109E-04	6,772E-05	4,186E-05	1,866E-03	6,683E-04	3,483E-04	8,038E-04	7,446E-05	1,564E-05

- O tamanho da estufa não foi suficiente para determinar o alcance.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos semivariogramas para o período do inverno de 2005, para os meses de julho, agosto e setembro, nas alturas de 0,40, 0,80 e 1,20 m do solo. Observa-se que ocorreu dependência espacial para as três alturas, no mês de julho com alcance de 13,6 m, 16,03 m e 11,18 m para 0,40, 0,80 e 1,20 m de altura respectivamente. No mês de agosto a altura de 1,20 m apresentou dependência espacial e alcance de 2,83m. Com

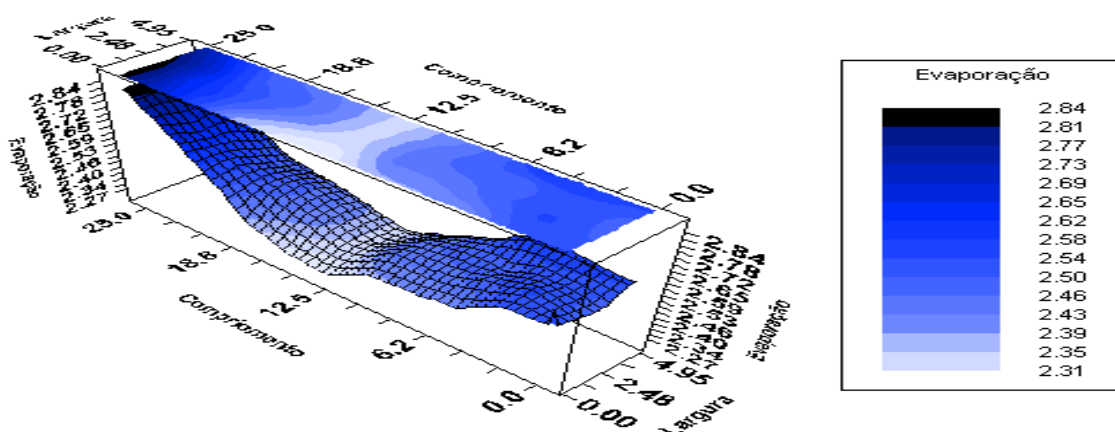
relação ao mês de setembro apenas a altura 0,80 m apresentou dependência espacial com alcance de 24,03 m.

Para os alcances superiores a 27 metros (comprimento da estufa) pode-se utilizar a estatística convencional para a análise dos dados. Os valores do efeito pepita ( $C_0$ ) revelam a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores que às aquelas amostradas, ou seja, é o próprio erro da amostra. Os resultados encontrados concordam com Santos (2001) trabalhando com altura de 0,50 m para evaporação utilizando-se de microevaporímetros apresentaram dependência espacial e alcance de 7,6 a 18 m nos meses da primavera de 2001 no mesmo local do presente experimento.

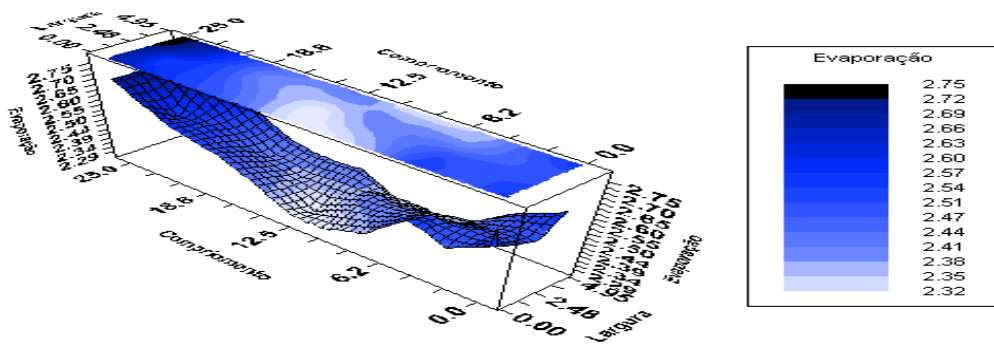
A variabilidade espacial no mês de julho para as alturas 0,40, 0,80 e 1,20 é apresentada na figura 1. Observa-se que a evaporação é maior nas extremidades da estufa predominando a região sul. A região central apresentou menor evaporação possivelmente devido à menor influência das paredes da estufa.

A espacialização da evaporação média diária para os meses de julho, agosto e setembro podem ser observadas nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente. A evaporações médias diárias no mês de julho na altura de 0,40, 0,80 e 1,20 m foi de 2,38, 2,34 e 2,21 mm respectivamente; para o mês de agosto. 3,42, 3,52 e 3,34 mm para 0,40, 0,80 e 1,20 m respectivamente; e para o mês de setembro: 2,98, 3,17 e 3,06 mm para as alturas de 0,40, 0,80 e 1,20, respectivamente. Para os meses de agosto e setembro a temperatura média foi um pouco mais elevada de 22,5 e 21,7 °C respectivamente, em relação ao mês de julho, com aproximadamente 19,3°C. Essa variação de temperatura pode ter influenciado na distribuição da evaporação para o mês de julho sendo maior na altura de 0,40 m do solo, concordando com os resultados obtidos por Souza (2003), que encontrou valores de evaporação em ambiente protegido de aproximadamente 2,80 mm no Tanque Classe “A”. Souza (2003) e semelhante variação espacial de evaporação trabalhando com microevaporímetros, nas alturas de 0,50, 1,00 e 1,50 m de altura com estufa orientada na mesma direção.

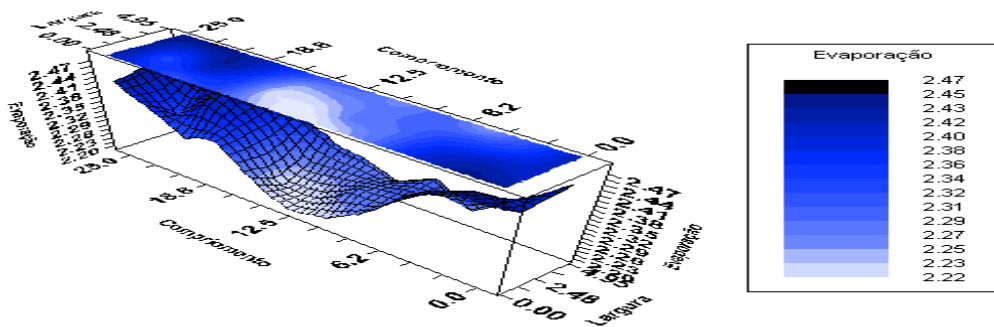
0,40m.



0,80m.

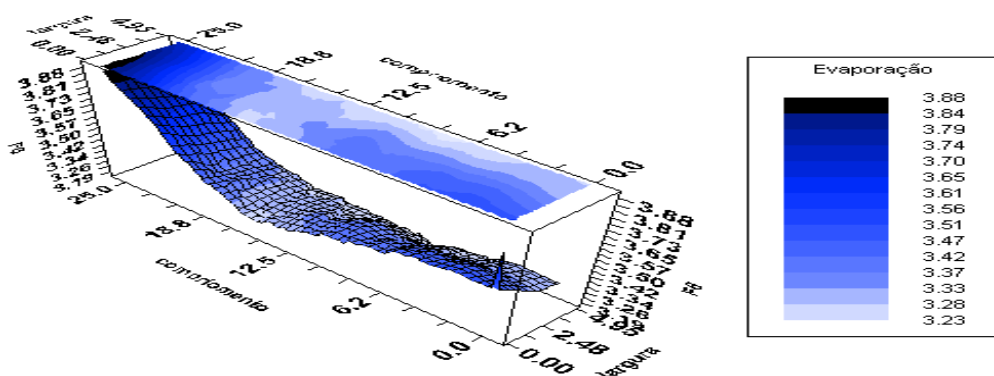


1,20m.

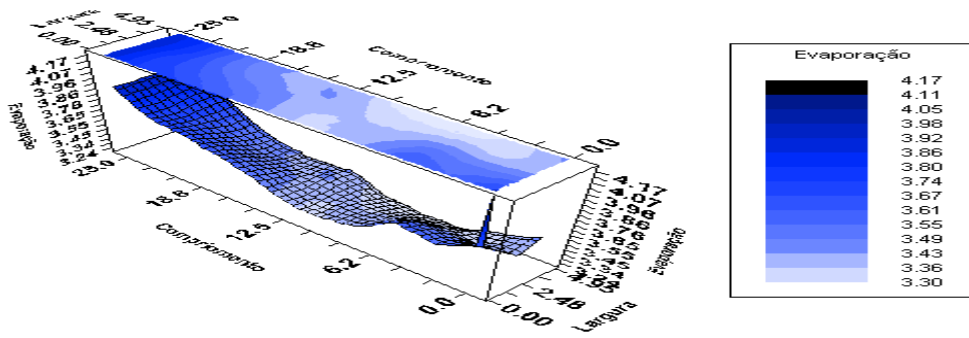


**Figura 1.** Distribuição espacial da evaporação no mês de Julho nas alturas de 0,40m, 0,80m e 1,20m do solo.

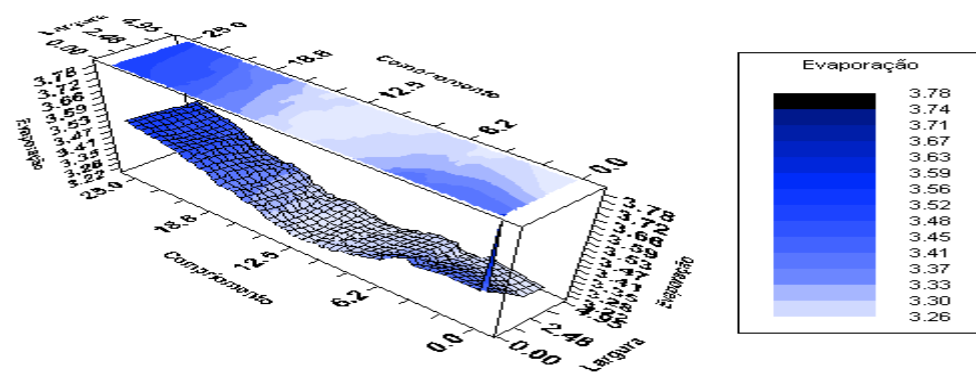
0,40m.



0,80m.

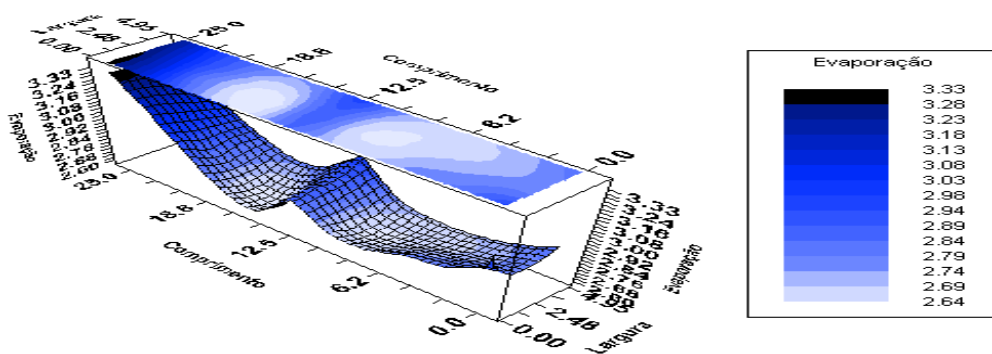


1,20m.

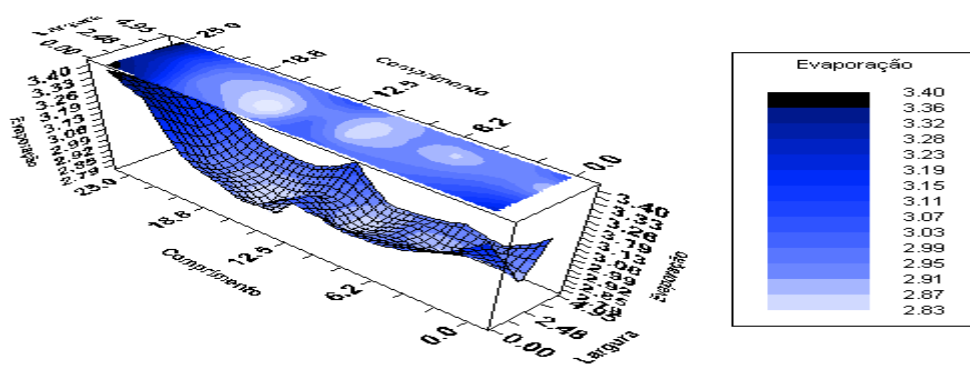


**Figura 2.** Distribuição espacial da evaporação no mês de Agosto nas alturas de 0,40m, 0,80m e 1,20m do solo.

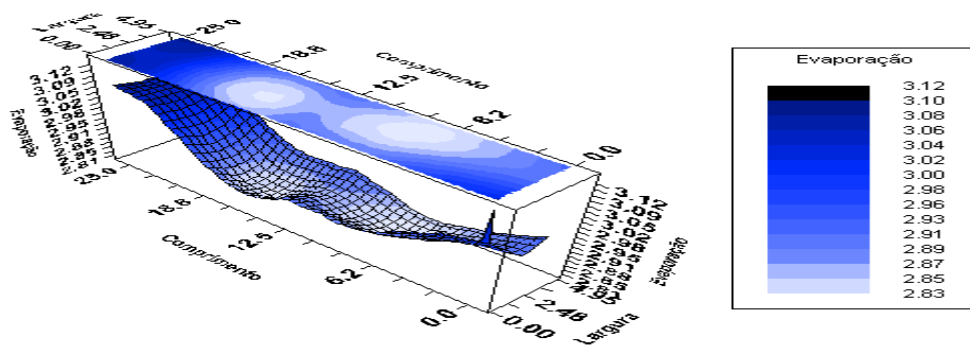
0,40m.



0,80m.



1,20m.



**Figura 3.** Distribuição espacial da evaporação no mês de Setembro nas alturas de 0,40m, 0,80m e 1,20m do solo.

## 6. CONCLUSÕES

Ocorreu variabilidade espacial nas diferentes regiões e altura de instalação dos microevaporímetros, com maior evaporação na altura mais próxima da superfície do solo no mês de Julho. Durante os meses de agosto e setembro ocorreu maior evaporação nas maiores alturas medidas (0.80 e 1,20 m). Em todo o período estudado houve maior evaporação nos microevaporímetros mais próximos da face voltada para o sudeste.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999, 142p.



- BRAGA, M. B. **Manejo da irrigação e orientação geográfica de estufas na produção do pimental (*Capsicum annuum L.*)**, 2000. 85p. Tese (Doutorado em Agronomia Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- BORGELT, S.C. et al. Spatially variable liming rates: a method for determination. *Transactions of the ASAE*. St Joseph, v. 37, n. 5, p.1499-1507, 1994.
- BAKSH, A. et al. Spatial distribution of soil attributes affecting crop yield. *Transactions of the ASAE*. St Joseph, v. 40, n. 5, p.1016-1032, 1997.
- BATISTA, I. F.; ZIMBACK, C. R. L.; VETTORATO, J. A. Varviabilidade espacial da umidade do solo em irrigação por gotejamento sob cultivo protegido. **IRRIGA: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 7, n. 3, p. 201-213, jan./abr., 2002.
- DELLA VECCHIA P. T.; KOCH, P. S. Historia e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 5-10, set/dez 1999.
- DEUTSCH, C. V.; JOURNAL, A. G. **GSLIB. Geoestatistical software library**, New York, Oxford University Press, 1998. Não paginado.
- GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 163-165, 1997. Suplemento.
- SANTOS, R. F. **híbridos de pimentão cultivados em ambiente protegido e convencional, fertirrigado com doses de N + K, e avaliação da distribuição da evaporação**. Botucatu, 2001. 162p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e drenagem), Faculdade de Ciências Agrônomicas-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- GS+.PROGRAM. Geoestatistical for environmental sciences: version 5.0. Michigan: Gamma Design Software, 2000.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plásticos**. 6 ed. Guaíba: Agropecuária, 1997. 341p.
- SOUZA, C.M.P. **Alterações em elementos agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno. .)**, 2003. 85p. Tese (Doutorado em Agronomia –irrigação e drenagem), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- ZACHARIAS, S., HEATWOLE, C. D., CAMPBELL, J. B. Spatial trends in the texture, moisture content, and pH of Virginia Coastal Plant soil. *Transactions of the ASA*, St Joseph, v. 40, n. 5, p.1277-1284, 1997.