

Resumo

O Manejo da água de irrigação em uma cultura é de fundamental importância pois permite o uso racional deste fator de produção, visando a obtenção da máxima produção por unidade de água aplicada. Aliado a essa tecnologia, o cultivo em ambiente protegido possibilita produção contínua em épocas do ano em que as condições a campo normalmente são desfavoráveis, possibilitando o abastecimento do mercado nacional em todas as estações. O trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade

Estadual Paulista, UNESP, *Campus* de Botucatu, com o objetivo de avaliar a espacialização do ambiente protegido, mediante a distribuição de minievaporímetros, para verificação da distribuição de energia em três alturas, 40, 80 e 120cm do solo, e a espacialização horizontal. O trabalho foi conduzido em estufa plástica, com orientação Noroeste Sudoeste. As variáveis climatológicas, bem como a evaporação semanal dos minievaporímetros, foram avaliados durante 8 meses. Os resultados obtidos indicaram que a espacialização da distribuição dos minievaporímetros mostrou que no período de estudo, de 07 maio a 16 de julho, ocorreu maior evaporação no ambiente a 40cm do solo, ou seja, nos meses mais frios. No período de 30 de julho a 16 de setembro a maior evaporação ocorreu a 80cm do solo. Os minievaporímetros instalados a 120cm do solo apresentaram valores menores ou iguais ao das demais alturas, independentemente do período avaliado. A face Sudoeste do ambiente, para todo o período estudado, apresentou maior evaporação. Ocorreu maior evaporação no ambiente protegido nos meses mais frios do ano, para os minievaporímetros que estavam próximos ao solo.

Palavras-chave: balanço de energia; climatologia agrícola; evaporação

Espacialización horizontal de la evaporación en ambiente protegido – Botucatu, San Pablo- Brasil

Resúmen

Saber aprovechar el manejo del agua al irrigar una cultura es muy importante una vez que permite utilizarla de forma racional lo que permite obtener una producción máxima para cada unidad de agua aplicada. Aliar esa tecnología al cultivo en áreas de protección posibilita la producción continua incluso en las épocas del año en que las condiciones en el campo son desfavorables. Otra ventaja es que permite el abastecimiento de productos en el mercado nacional durante todas las estaciones del año. Realizamos el trabajo en el Campo Experimental del Departamento de Ingeniería Rural de Universidad Estadual Paulista- UNESP- Campus de Botucatu, con el objetivo de evaluar la especialidad del ambiente protegido distribuyendo mini-evaporímetros para verificar la distribución de energía en tres alturas: a 40, a 80 y a 120 cm del suelo y todavía, la especialidad horizontal. el desarrollo del trabajo se dió en estufas cubiertas de material plástico (nylon) con orientación Noroeste/Suroeste. Las variabilidades del clima y de la evaporación semanal expelida pelos minievaporímetros fue acompañada y estudiada durante 8 meses. Los resultados obtenidos indicaron que la especialidad de la distribución de los mini-evaporímetros, en el período de 07 de mayo a 16 de Julio fue mayor en el ambiente a 40cm del suelo durante los meses mas fríos. Durante el período de 30 de Julio a 16 de Septiembre, se dió mayor evaporación en el espacio experimental con los mini-evaporímetros a 80cm del suelo. Ya los mini-evaporímetros instalados a 120cm del suelo presentaron valores menores o iguales a los de las otras alturas independientemente del período estudiado. La parte del área vuelta para el suroeste presentó durante todo el estudio mayores índices de evaporación. Los mayores índices de evaporación se obtuvieron durante los meses mas frios en las áreas donde los mini-evaporímetros estaban mas próximos al suelo.

Palabras llave: Variabilidad de lka energia; climatologia agrícola; evaporación.

1 Professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava-PR, CEP 85040-080. E-mail: mmaggi@unicentro.br.

2 Engenheiro Agrônomo e Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNICENTRO-PR.

3 Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu-SP.

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 produtividade 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 realizada 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 agronômicos 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 ao longo do ano todo.

Nas últimas décadas, o cultivo em ambiente protegido no Brasil apresentou crescimento significativo, principalmente para a 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 de aumento de produtividade e redução de riscos.

Dentre os benefícios do cultivo em ambiente protegido, pode-se citar o aumento da diversidade dos produtos agrícolas e a estabilidade da produção anual, com otimização do uso da terra. Em locais onde as terras são mais valorizadas, ou mais escassas, o cultivo em estufas representa uma estratégia valiosa para aumentar a produtividade e absorver a crescente produção agrícola (SOUZA, 2003).

Apesar das vantagens oferecidas pelo cultivo em ambiente protegido, algumas dificuldades encontradas pelos produtores resultam no abandono desta atividade, sendo que as principais causas são as dificuldades de comercialização e a falta de conhecimento sobre o manejo racional dos parâmetros climáticos e da irrigação.

O ambiente protegido torna possível a exploração de culturas em épocas pouco comuns ao cultivo, podendo-se, conseqüentemente, conseguir um melhor retorno econômico, devido à qualidade do produto e à ocorrência da produção na entressafra.

No interior da estufa, a evapotranspiração é, em geral, menor do que a verificada externamente, o que se atribui basicamente à parcial opacidade da cobertura plástica, à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera, embora a temperatura do ar e a umidade relativa, em alguns momentos, possam ser maior ou menor, respectivamente, no interior da estufa, do que a céu aberto, o que refletiria na evapotranspiração. A diferença entre a evapotranspiração interna e externa varia de acordo com as condições meteorológicas. Em geral a evapotranspiração no interior fica em torno de 60-80% a da verificada no exterior (FARIAS et al. 1993).

As variáveis meteorológicas no interior de estufas apresentam comprovada variabilidade espacial, influenciando no desenvolvimento das culturas através de efeitos na transpiração e na fotossíntese. O controle e o monitoramento das variáveis meteorológicas, principalmente a umidade e a temperatura do ar, são fatores importantes no controle de doenças das plantas cultivadas no interior das estufas.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial da evaporação da água no ambiente protegido e em três diferentes alturas de coleta.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista, UNESP, *Campus* de Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são de 22°51'03" de

latitude Sul e 48°25'37" de longitude Oeste, com altitude média de 786 metros.

O clima da região é definido como Clima Temperado (Mesotérmico), segundo Köppen. A região é úmida, apresentando precipitação pluvial de aproximadamente 1516,8 milímetros e evapotranspiração média anual de 692 milímetros. 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 Nordeste-Sudoeste. A estufa plástica era do tipo túnel, com cobertura na forma de arco, apresentando as seguintes dimensões: largura de sete metros, comprimento de vinte metros, altura do pé direito de 1,85 metros e central de 3,35 metros; coberta longitudinalmente com filmes de polietileno aditivado, espessura de cem micra. Nas partes laterais e nos fundos foram colocadas sombrites de 40%.

Na figura 1 são apresentados, esquematicamente, os minievaporímetros, tanque Classe A, e o termo-higrógrafo. Os 132 minievaporímetros foram instalados distantes entre si 2,0m, no sentido longitudinal, e 2,10m, no sentido transversal da estufa, distribuídos em três níveis de alturas: 0,40; 0,80 e 1,20m. O minievaporímetro consistia de um recipiente plástico de volume 1,0L. Para determinação das lâminas evaporadas nos minievaporímetros, que foram preenchidos com 500ml de água cada, uma vez por semana a água resultante em cada minievaporímetro era medida e o frasco era novamente preenchido com 500ml de água. Pela diferença da água colocada toda semana com a

água resultante é que foi determinada a evaporação semanal dentro da estufa.

Os dados de temperatura e umidade do ar foram registrados na estufa, com o uso de um termo-higrógrafo, modelo *Dickson*, com precisão mínima de 95%, instalado em abrigo meteorológico apropriado e posicionado próximo ao centro da estufa, a uma altura de 1,5m.

As análises de espacialização foram realizadas utilizando-se o software *Surfer 7.0. (Golden Software)*. O método de interpolação utilizado foi o da Krigagem.

Resultados e discussão

A umidade relativa média mensal durante o bimestre maio-junho foi de aproximadamente 62,5%; de 50% para julho-agosto; de 54% para setembro-outubro; e de 61% para o fevereiro-abril. As temperaturas médias mensais foram de 15,5, 18,2, 20,3 e 21,8°C, respectivamente, para os bimestres citados.

Pezzopane et al (1996) relatam que o valor médio da temperatura mínima do ar no interior de estufas cobertas com polietileno de baixa densidade tende a ser igual ou ligeiramente superior quando comparado ao do ambiente externo. As médias de temperatura para maio-junho, julho-agosto, setembro-outubro e fevereiro-abril, no ambiente protegido, foram de 17°C, 19°C, 20° e 20,5°C, respectivamente.

A umidade relativa do ar foi inversamente proporcional à temperatura do ar. Isso mostrou que os valores médios diários de umidade relativa

Figura 1. Representação esquemática da localização e disposição dos equipamentos na estufa plástica.



do ar no interior da estufa estiveram relacionados aos valores de temperatura do ar, concordando com Santos (2001) e Prados (1996). Desta forma, na estufa, a elevação da temperatura do ar, durante o dia em que o balanço de energia é positivo, reduz os valores de umidade relativa do ar, tornando-os, muitas vezes, nas horas mais quentes do dia, inferiores aos valores observados a campo. Na figura 2, observa-se as variações dentro e fora do ambiente protegido e a temperatura média para o primeiro ciclo, quando diferentes potenciais foram aplicadas à cultura

Os resultados apresentados na figura 3 mostram que os valores médios de evaporação do Tanque Classe A apresentaram comportamentos similares aos valores observados de temperatura do

ar. Durante os meses com valores de temperaturas de ar mais elevadas e umidades relativas baixas, houve tendência de aumento da evaporação, bem como ocorreram reduções nos dias de valores de temperatura do ar menores e umidade relativa do ar elevada.

Observou-se um aumento gradativo da evaporação no período de transição do inverno para a primavera, principalmente devido à influência das temperaturas mais elevadas durante esta estação.

A evaporação média diária do tanque Classe A, no bimestre de desenvolvimento, foi de 1,93mm dia⁻¹; para o segundo bimestre, foi de 3,28mm dia⁻¹; e de 3,59mm dia⁻¹, no terceiro bimestre. Santos (2001) encontrou valores de evaporação do Tanque Classe A

Figura 2. Temperatura e umidade relativa, interna e externa ao ambiente protegido, para o primeiro ciclo de cultivo, de maio a julho.

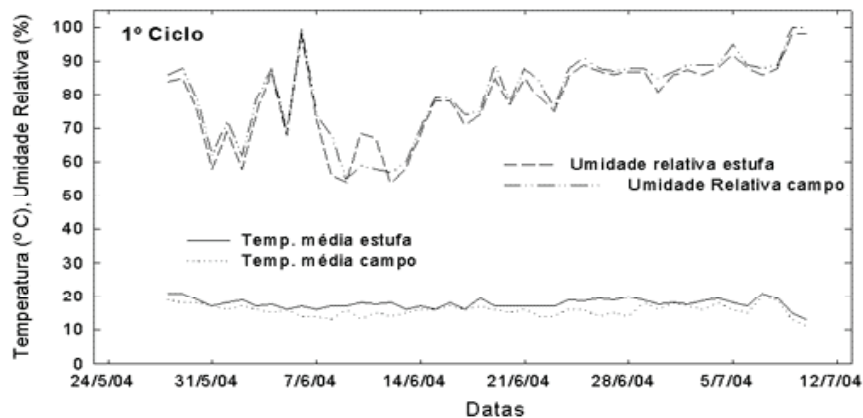
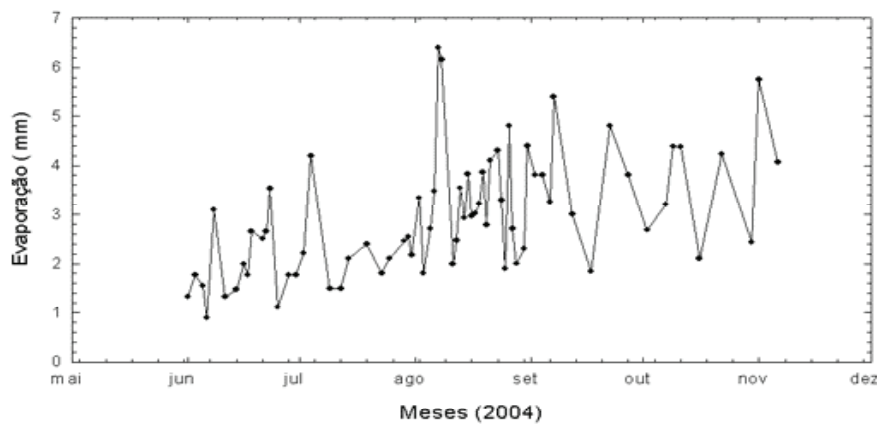


Figura 3. Evaporação do Tanque Classe A para o período de avaliação.



mais baixos, no interior de ambientes protegidos para épocas semelhantes do ano, possivelmente devido às variações de temperatura do ar, porém, para períodos de precipitação diferenciados.

O aumento da temperatura do ar influi consideravelmente na intensidade de evaporação em virtude da maior quantidade de vapor d'água presente no mesmo volume de ar. Por isso, quanto maior a umidade do ar, menor será a intensidade de evaporação.

As análises foram feitas semanalmente e os dados apresentados a seguir são de algumas semanas intermediárias para uma subdivisão bimestral, que corresponde aos períodos médios de ciclos de implantação de hortaliças de curto período, para cultivo nesse tipo de estrutura.

Para os minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo, constatou-se uma variação semanal de 20,35; 20,50 e 18,66mm, respectivamente, para a semana de 7 a 15 de maio, apresentando maior evaporação significativa pelo teste de Tukey, para as duas primeiras alturas. A espacialização da

evaporação para esta semana pode ser observada na figura 4.

A evaporação para a semana de 28 de maio a 4 de junho apresentou os seguintes valores: 12,05, 11,73 e 10,38mm para as alturas 40, 80 e 120cm do solo, respectivamente; apresentando maior evaporação significativa pelo teste de Tukey, para as duas primeiras alturas, comportamento semelhante à semana estudada em maio, porém com valores menores de evaporação, ocasionados principalmente pelas baixas temperaturas registradas no período. A espacialização da evaporação para esta semana pode ser observada na figura 5.

A evaporação para as semanas de 18 a 25 de junho, 9 a 16 de julho e 30 de julho a 6 de agosto (Figuras 6 e 7), apresentou valores semelhantes, um pouco superior na primeira semana em questão, ficando próximo dos 15mm por semana, nas diferentes alturas.

Para a semana de 20 a 27 de agosto, próxima à primavera, os valores de evaporação aumentaram e foram de 26,01mm para a altura de 80cm, 25,04mm

Figura 4. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (7 a 15 de maio) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.

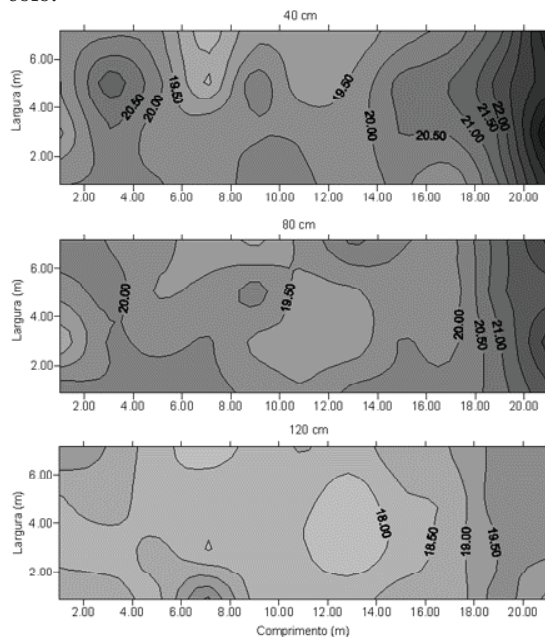


Figura 5. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (28 de maio a 4 de junho) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.

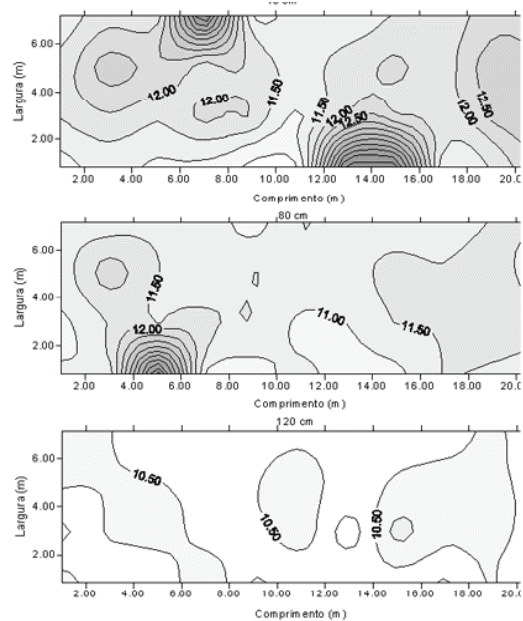


Figura 6. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (18 a 25 de junho) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.

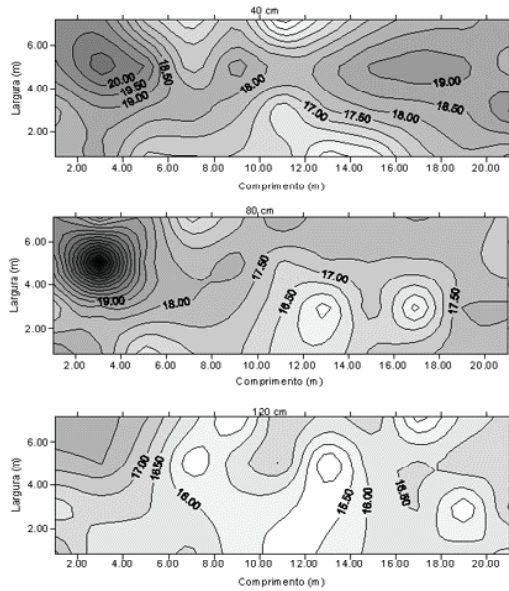


Figura 7. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (9 a 16 de julho) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.

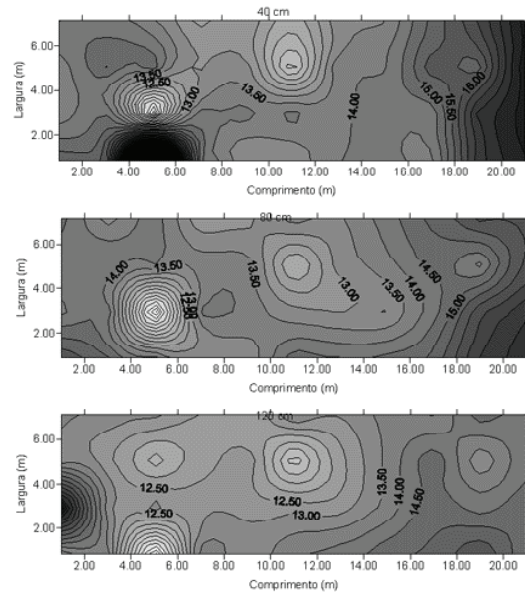


Figura 8. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (20 a 27 de agosto) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.

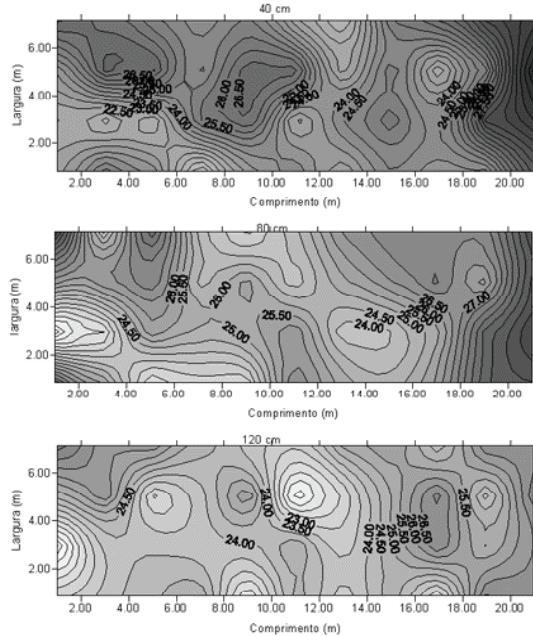
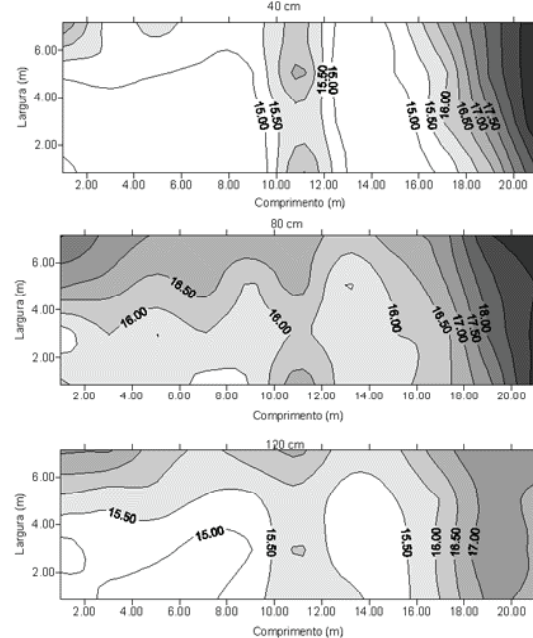


Figura 9. Espacialização, através de isolinhas, da evaporação semanal (9 a 16 de setembro) dos minievaporímetros instalados a 40, 80 e 120cm do solo.



para 40cm, significativamente iguais pelo teste de Tukey, e 24,63mm para 120cm, diferindo da altura 80cm e semelhante à altura de 40cm (figura 8).

Com relação à semana de 9 a 16 de setembro, com baixas temperaturas, a evaporação na altura de 80cm foi maior, significativamente, pelo teste de Tukey, com média semanal de 16,72mm, e de 15,72 e 19,93mm para as alturas 40 e 120cm, respectivamente, não diferindo estas duas médias pelo mesmo teste. A espacialização da evaporação pode ser observada na figura 9.

O ambiente protegido (túnel plástico) estava posicionado no sentido Nordeste-Sudoeste, ficando aproximadamente perpendicular ao movimento aparente do sol. Observou-se que para praticamente

todas as semanas observadas a evaporação média foi maior na face voltada para o Sudoeste.

Conclusão

Com base nas condições encontradas durante a realização do trabalho, concluiu-se que a face Sudoeste do ambiente apresentou, para todo o período estudado, maior evaporação nos minievaporímetros. Ocorreu maior evaporação no ambiente protegido nos meses mais frios do ano para os minievaporímetros que estavam próximos ao solo

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.