

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE DENTRO E FORA
DE AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, para obtenção do título de
“Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008**

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE DENTRO E FORA
DE AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, para obtenção do título de
“Magister Scientiae”.

APROVADA em: 3 de junho de 2008.

Prof. Mario Puiatti
(Co-Orientador)

Prof. Everardo Chartuni Mantovani

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama

Prof. Paulo José Hamakawa

Prof. Márcio Mota Ramos
(Orientador)

OFEREÇO

Aos meus Pais:

David Eduardo Palomino Meneses

Rosa Nelly Montes Zaconet

A minha Mamá:

María Bustamante Torres

As minhas Irmãs:

Soledad Bustamante Torres

Ana del Pilar Palomino Montes

A meu Sobrinho:

Ángel Eduardo Palomino Bustamante

DEDICO

A meu avô Tomás Ángel Palomino Jáuregui (*in memoriam*)

A minha tia Elena Zaconet Bustamante (*in memoriam*)

CUAN GRANDE ES ÉL

Señor, mi Dios, al contemplar los cielos,
El firmamento y las estrellas mil;
Al oír tu voz en los potentes truenos
Y ver brillar al sol en su cenit.

Coro:

Mi corazón se llena de emoción,
¡Cuan grande es Él! ¡Cuan grande es Él!
Mi corazón se llena de emoción,
¡Cuan grande es Él! ¡Cuan grande es Él!

Al recorrer los montes y los valles
Y ver las bellas flores al pasar;
Al escuchar el canto de las aves
Y el murmurar del claro manantial.

Cuando recuerdo del amor divino,
Que desde el cielo al Salvador envió;
Aquel Jesús que por salvarme vino,
Y en una cruz sufrió y por mí murió.

Cuando el Señor me llame a su presencia
Al dulce hogar, al cielo de esplendor;
Le adoraré cantando la grandeza
De su poder y su infinito amor.

PALMOMASTINE

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu criador, sem ele nada é possível.

Aos meus pais e minhas irmãs, pelo amor, apoio, estímulo, confiança e orações em todo momento.

Ao meu avô e pastor Tomás Angel Palomino Jáuregui, pelo amor, conforto, apoio e pelo grande exemplo de vida e a minha avó Juana María Meneses de Palomino, a nossa Madre.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela grande oportunidade de realizar o Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Márcio Mota Ramos, pela amizade, ensinamentos transmitidos, orientação, preocupação, profissionalismo e confiança.

Aos professores Mario Puiatti, Rubens Alves de Oliveira e Paulo Roberto Cecon, pela valiosa colaboração, aconselhamentos e esclarecimentos no desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela valiosa ajuda e orientação na minha inscrição no curso de Mestrado.

Aos Professores, Everardo Chartuni Mantovani, Antônio Alves Soares, Fernando Falco Pruski e Demetrius David da Silva, pelos vastos conhecimentos transmitidos, pela amizade, apoio e esclarecimentos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola Edna, Renato, Chicão, Eduardo, pela amizade, colaboração e carinho e os funcionários e amigos da Área Experimental de Irrigação e Drenagem.

Aos funcionários da UFV Gilcemir e Jorge pelo apoio, disponibilidade e atenção, me orientando nos temas relacionados aos processos acadêmicos e administrativos.

Ao meu grande amigo Alípio Leão e família, pela valiosa amizade, disponibilidade, carinho e atenção com que sempre me trataram.

A Helena, pelo carinho, conforto, confiança, compreensão e apoio.

Aos meus grandes amigos Fabrício, Danilo, Marcelão, Felipe, Luís, Eloy, Samuel, Marcelo, Claudinei, Zonta, Fernando, João, Rodrigo, Darik, Gustavo e Antonio, pela preciosa amizade e bons momentos.

A Michellia, pessoa de enorme coração e grande determinação, pelo carinho, apoio e valiosa companhia e as minhas amigas Priscila e Rosilene.

Aos todos os colegas do Curso de Pós-Graduação pelo convívio, amizade e companheirismo.

Aos amigos da República Evander, Dalton, Ricardo, Cristiano e Alexis, grandes pessoas com as quais tive a oportunidade de conviver.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES, filho de David Eduardo Palomino Meneses e Rosa Nelly Montes Zaconet, nasceu em Arequipa, Peru, no dia 8 de dezembro de 1979.

Em 1997, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola, na Universidad Nacional Agrária La Molina, em Lima, Peru, concluindo-o em julho de 2002.

De outubro de 2002 até junho de 2003, realizou uma Especialização em Gestão Agrícola Empresarial, na Universidad Nacional Agrária La Molina, em Lima, Peru.

De janeiro de 2004 até março de 2006, desempenhou suas atividades como Engenheiro Responsável do Manejo e Otimização da Água e Solo na Área de Recursos Naturais e Criação de Alpacas da “Asociación Para La Promoción Del Desarrollo” – PRODES em Ayacucho, Peru.

Em maio de 2006, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Recursos Hídricos e Ambientais, da Universidade Federal de Viçosa – MG, defendendo tese em junho de 2008.

INDICE

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Evapotranspiração	4
2.2. Coeficiente de cultura.....	7
2.3. Irrigâmetro.....	8
2.4. Alface	10
2.5. Cultivo em ambiente protegido.....	12
3 - MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Descrição da área experimental.....	15
3.2. Descrição do minilímetro operando com o irrigâmetro modificado .	19
3.3. Sistema de irrigação.....	22
3.4. Semeadura e transplântio da alface.....	23
3.5. Evapotranspiração da cultura da alface	24
3.6. Lâmina e tempo de irrigação	26
3.7. Evapotranspiração de referência.....	26
3.8. Coeficiente de cultura.....	27
3.9. Avaliação da produção	29
3.10. Eficiência de uso de água	30
3.11. Análise estatística	30

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Elementos meteorológicos	32
4.2. Evapotranspiração de referência.....	36
4.3. Evapotranspiração da cultura da alface	38
4.3.1. Evapotranspiração da cultura dentro da casa de vegetação	38
4.3.2. Evapotranspiração da cultura fora da casa de vegetação	41
4.3.3. Evapotranspiração da cultura em ambos ambientes	43
4.4. Coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado.....	46
4.4.1. Coeficiente de ajuste dentro da casa de vegetação	46
4.4.2. Coeficiente de ajuste fora da casa de vegetação	49
4.4.3. Coeficiente de ajuste dentro da casa de vegetação, usando a ETo do ambiente externo	53
4.5. Características de produção da cultura de alface	56
4.6. Eficiência de uso da água	61
5 - CONCLUSÕES.....	64
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
7 - APÊNDICES	71
APÊNDICE A	72

RESUMO

PALOMINO MONTES, David Rolando, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008. **Evapotranspiração da cultura da alface dentro e fora de ambiente protegido.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Co-Orientadores: Mario Puiatti e Rubens Alves de Oliveira.

O trabalho foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), de dezembro de 2007 e a janeiro de 2008, cultivando-se alface (*Lactuca sativa* L.), variedade Regina, em dois ambientes: dentro e fora de uma casa de vegetação, com objetivos de a) determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) da alface, b) determinar o coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (K_i) para os três primeiros estádios de desenvolvimento vegetativo da alface, c) avaliar o efeito dos quatro níveis de lençol freático estabelecidos nos minilísímetros, na evapotranspiração e nas principais características de produção da alface, d) determinar a eficiência de uso de água da alface. Todas as características foram avaliadas tanto dentro como fora da casa de vegetação. Em cada ambiente, foram cultivadas 560 plantas de alface, 336 delas cultivadas em três blocos. Em cada bloco foram instalados quatro tratamentos (T15, T20, T25 e T30) definidos pela profundidade do lençol freático (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m); estabelecida nos minilísímetros de lençol freático constante. Cada minilísímetro foi conectado a um irrigômetro modificado. Durante o experimento os dados meteorológicos foram coletados em estações

automáticas instaladas nos dois ambientes. Na análise estatística da evapotranspiração da cultura foi usado, em cada ambiente, o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. Na análise estatística das variáveis de produção foi adotado também, em cada ambiente, o delineamento experimental em blocos casualizados, com as quatro profundidades de lençol freático e três repetições. Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões: a evapotranspiração sazonal da cultura de alface foi menor no ambiente protegido quando comparado com o ambiente externo; nas duas condições ambientais, a evapotranspiração da cultura (ET_c) diminuiu com a profundidade de lençol freático, com exceção do tratamento T30 do ambiente externo; a 15 cm de profundidade de lençol freático, os valores do coeficiente de cultura (K_c) no ambiente protegido foram 0,93; 1,27 e 1,30 para o primeiro, segundo e terceiro estágio da alface, respectivamente, e 0,80; 1,12 e 1,39 para os mesmos três estádios, no ambiente externo; não houve diferenças significativas entre massa fresca da cabeça, área foliar, área foliar específica e massa fresca, massa seca e comprimento do caule nos dois ambientes, à exceção do T15 que apresentou maiores valores no ambiente protegido; o número de folhas por planta e a largura das folhas foram maiores no ambiente protegido, em comparação ao ambiente externo e a eficiência de uso de água (EUA), de forma geral, aumentou com a profundidade do lençol freático, obtendo-se as maiores eficiências dentro da casa de vegetação.

ABSTRACT

PALOMINO MONTES, David Rolando, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2008. **Evapotranspiration of lettuce inside or outside a greenhouse.** Adviser: Márcio Mota Ramos. Co-Advisers: Mario Puiatti and Rubens Alves de Oliveira.

This work was carried out at the Irrigation and Drainage Experimental Station of the Federal University of Viçosa, in Viçosa, Minas Gerais state, Brazil, from December 2007 to January 2008, cultivating Lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivar Regina, under two experimental conditions as: inside and outside a greenhouse. We aimed to a) determine the crop evapotranspiration of lettuce (ET_c), b) determine the adjustment coefficient of a modified irrigâmetro device (K_i) for the first three vegetative developmental stages of lettuce, c) evaluate the effect of four water body levels established in the minilysimeters, in evapotranspiration and on the main cropping characteristics of lettuce, d) determine the water use efficiency for lettuce. All characteristics were evaluated either inside or outside the greenhouse. For each environmental condition, 560 plants were cultivated, and 336 from among them were cultivated in three blocks. In each block four treatments were carried out (T15, T20, T25 and T30) and defined by the depth of the water body (0.15; 0.20; 0.25 e 0.30 m), established in the minilysimeters of constant water body level. Each minilysimeter was connected to a modified irrigâmetro device. Over the experimental period, the meteorological data was collected in automated meteorological stations installed under the two

environmental conditions. A randomized block design with split-plots was utilized to perform the statistical analysis of the crop evapotranspiration data in each of the two environmental conditions. For the production variables we did prefer to utilize a randomized block design with four water body depths and three replicates to perform the statistical analysis in each of the two environmental conditions. We concluded from our results that: seasonal crop evapotranspiration of lettuce was lower inside greenhouse as compared to outside greenhouse; crop evapotranspiration (ET_c) decreased with water body depth, in each of the two environmental conditions, excepting the T30 treatment outside greenhouse; at a 15 cm depth of water body, the crop coefficient values (K_c) inside greenhouse were 0,93; 1,27 and 1,30 for the first, second and third developmental stages of lettuce, respectively, and 0,80; 1,12 and 1,39 for the same three stages outside greenhouse. There was no significant differences among fresh mass of head, leaf area, specific leaf area and fresh matter, dry matter and stem length for inside and outside greenhouse, excepting the T15 treatment which showed higher values inside greenhouse; leaf number and leaf width were higher inside greenhouse in comparison to outside greenhouse and the water use efficiency (WUE) increased with water body depth, providing the higher WUE inside greenhouse.

1 - INTRODUÇÃO

A água de chuva, como única fonte para atender as necessidades hídricas dos cultivos é, na maioria das vezes, insuficiente e coloca em risco a obtenção de uma produção de alimentos adequada, devido a sua distribuição irregular no espaço e tempo. Neste sentido, a irrigação suprirá, parcial ou totalmente, as necessidades hídricas da cultura, favorecendo a produção de alimentos em qualquer época do ano e potencializando a produtividade.

O conhecimento das relações solo-água-planta-atmosfera e das características do equipamento é fundamental para se manejar a irrigação adequadamente, determinando-se o momento oportuno, a quantidade de água necessária a ser aplicada e o tempo de aplicação desta água.

No mundo e também no Brasil, a agricultura irrigada é a maior usuária de água, o que pode gerar conflitos de uso com as demais atividades humanas. A preocupação deve-se centrar no manejo e na gestão da água de irrigação, cuja ineficiência gera desperdício, aumentando o consumo deste bem natural, que hoje em dia é preocupação mundial pela sua escassez.

Para o manejo adequado da água de irrigação é necessário determinar corretamente a necessidade hídrica da cultura. Esta pode ser obtida a partir da determinação, direta ou indireta, do teor de água no solo; do teor de água na planta, com o monitoramento do potencial hídrico via resistência estomática e temperatura da folha; e por meio de medições dos

elementos climáticos, utilizando desde simples medidas de evaporação no tanque Classe A, até equações complexas para a estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003).

No manejo da irrigação, a quantidade de água necessária à cultura é obtida determinando-se a evapotranspiração, que acrescida das perdas inerentes ao processo de irrigação, define a quantidade correta de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação para repor o déficit hídrico no solo, de forma a otimizar o uso de água e de energia, propiciando redução de custos, aumento da produtividade, melhoria da qualidade do produto e menor impacto ao ambiente.

Para utilizar a evapotranspiração, obtida de equações ou de métodos indiretos, na quantificação das necessidades hídricas das culturas, são necessários coeficientes para corrigir o valor de referência. Estes coeficientes variam com a cultura e seu estágio de desenvolvimento, as condições ambientes, o sistema e o manejo da irrigação, dentre outros.

A casa de vegetação é uma tecnologia agrícola recente, a qual forma um ambiente com microclima próprio, favorecendo o desenvolvimento, a produção, a produtividade e a qualidade das culturas. Os elementos meteorológicos, como: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e evapotranspiração, são modificados pelo uso dos agrofilmes; portanto, é de fundamental importância o monitoramento das mesmas no crescimento e desenvolvimento das culturas manejadas nestas condições.

Na obtenção de alimentos de maneira competitiva, eficiente e sustentável, o manejo adequado da cultura e da irrigação, nas condições de ambiente protegido, assim como a avaliação do desempenho das culturas nestas condições, permite maximizar os benefícios gerados por esta atividade, principalmente em épocas do ano em que as condições são desfavoráveis.

A nova opção no desenvolvimento da agricultura irrigada é o Irrigâmetro, inventado e desenvolvido recentemente por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa. Este instrumento pode se apresentar como a ferramenta de grande valia na determinação da evapotranspiração, dando resposta a duas perguntas básicas para o adequado planejamento,

dimensionamento e manejo de um sistema de irrigação: quanto e quando irrigar. A obtenção direta dos dados de evapotranspiração sem necessidade de cálculos, o custo relativamente baixo e a facilidade de instalação e operação, fazem do irrigômetro o equipamento de grande potencial de uso na agricultura irrigada.

Em vista dessas considerações, os objetivos do presente trabalho foram:

- a) Determinar a evapotranspiração da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), dentro e fora de ambiente protegido, com uso de minilímetro conectado ao Irrigômetro modificado.
- b) Determinar o coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (K_i) em três fases de desenvolvimento vegetativo da alface (do transplântio até a colheita), nas condições de ambiente protegido e em campo.
- c) Avaliar o efeito de quatro níveis de lençol freático (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m), estabelecidos nos minilímetros, na evapotranspiração e nas principais características de produção da alface, dentro e fora de casa de vegetação.
- d) Determinar a eficiência de uso de água da alface cultivada dentro e fora de casa de vegetação.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetada, num determinado período. Inclui a evaporação da água do solo, aquela depositada pela irrigação, chuva ou orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal. A evapotranspiração e a precipitação efetiva são os principais parâmetros para a estimativa da necessidade de irrigação. A evapotranspiração pode ser expressa em valores totais, médios ou diários, em volume por unidade de área ou lâmina de água (BERNARDO et al., 2006).

O processo de evapotranspiração é influenciado de forma conjunta pela ação dos elementos meteorológicos, considerando-se radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. O processo da evaporação é afetado também pelo grau de sombreamento do dossel e a quantidade de água disponível na superfície evaporante. No caso da transpiração considera-se o conteúdo de água no solo, a condutividade hidráulica do solo para permitir o rápido deslocamento desta água à região de maior concentração de raízes, as características da cultura, as práticas de cultivo, dentre outros (ALLEN et al., 1998). Doorenbos e Pruitt (1977) mencionam que, geralmente, as taxas de evaporação e evapotranspiração aumentam com a maior disponibilidade de energia solar, maior temperatura do ar, maior velocidade do vento e menor umidade relativa.

Em 1990, um grupo de especialistas e pesquisadores, reunidos pela FAO, definiram a evapotranspiração de referência (ET_o) como a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em fase de crescimento ativo, sem restrições hídricas ou nutricionais, com altura média de 12 cm, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s/m, recomendando, entre os métodos indiretos, a adoção da equação de Penman-Monteith como padrão para a estimativa da ET_o (ALLEN et al., 1998).

De acordo com Allen et al. (1998), o modelo de Penman-Monteith FAO 56 é recomendado como o método padrão no cálculo da evapotranspiração de referência, apresentando estimativas confiáveis e consistentes, sendo considerado de uso exclusivo e o de melhor desempenho entre os métodos combinados. A equação proposta por esses autores é baseada numa formulação teórica de conceitos físicos, que governam a troca de energia e o correspondente fluxo de calor latente.

Bernardo et al. (2006) mencionam os métodos mais utilizados na determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), classificando-os em métodos diretos e indiretos. Entre os métodos diretos consideram o método dos lisímetros, o das parcelas experimentais e o de controle da umidade do solo; entre os métodos indiretos descrevem os evaporímetros e as equações baseadas em dados experimentais.

Faccioli (1998) desenvolveu um trabalho para determinar a evapotranspiração de referência, padrão grama, e da cultura da alface, em condições de casa de vegetação procedendo à avaliação e, ou, calibração de métodos indiretos para determinação da evapotranspiração nestas condições. Utilizando lisímetros de lençol freático constante, cultivados com grama batatais, como método padrão na medição da ET_o, o autor concluiu que o método de Penman-Monteith mostrou-se o melhor método de estimativa da ET_o, tanto quando foram utilizados elementos meteorológicos medidos dentro como fora de casa de vegetação. Ressalta que em condições de casa de vegetação não se necessitou de ajustes na estimativa da ET_o, pois utiliza os elementos meteorológicos obtidos neste ambiente. Também concluiu que os valores do coeficiente de cultura da alface, calculados com os valores de evapotranspiração dentro da casa de

vegetação, para todo o seu período vegetativo, foram superiores aos determinados em condições externas de cultivo.

A estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c) constitui o principal parâmetro a ser determinado num projeto de irrigação (MEDEIROS, 2002), para determinação da quantidade de água exigida pela cultura, sendo a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) fundamental no planejamento e no manejo da irrigação, pois a ET_c é função da ET_o. Neste sentido Materán (2006) menciona que os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) são a base para a determinação das necessidades hídricas das culturas.

A área foliar e a variação dos elementos meteorológicos determinam o fluxo transpiratório nas plantas, uma vez atendido o suprimento de água às plantas, tanto em quantidade como em qualidade. No entanto, na definição da evapotranspiração máxima, os elementos meteorológicos apresentam maior importância em comparação ao aumento da área foliar, cuja taxa de crescimento diário é relativamente pequena (DALMAGO et al, 2006).

O lisímetro de pesagem é o método direto mais preciso na determinação da ET_o, no entanto, por seu alto custo e difícil operação e manutenção, o uso deles é restrito a propósitos de pesquisa específica (ALLEN et al., 1998). Diferentes trabalhos têm validado o bom desempenho das estimativas da ET_o obtidas com a equação de Penman-Monteith quando comparada com os valores de evapotranspiração determinados no lisímetro de pesagem (SENTELHAS, 1998; AZEVEDO, 1999; CURI e CAMPELO JÚNIOR, 2001; MENDONÇA et al., 2003). No entanto, Pereira et al. (2002) mencionam problemas operacionais na utilização do lisímetro de pesagem, questionando seu desempenho, embora seja considerado o sistema padrão na mensuração detalhada da variação da massa, ressaltando também a pouca praticidade deste no campo. Materán (2006) e Tagliaferre (2006) salientam que os lisímetros caracterizam-se por ser volumosos e pesados, o que limita seu uso a um só local, razão pela qual a maioria dos produtores rejeita sua utilização, mencionam também que seu uso é limitado às instituições de pesquisa para calibração regional.

Tagliaferre (2006) menciona que, na determinação da ET_o, a partir de equações físico-matemáticas como a de Penman-Monteith – FAO 56, as

estações meteorológicas automáticas são práticas e precisas, fornecendo medidas em tempo quase real; porém, elas são caras, necessitando também de programas computacionais e de cálculos, além de apresentarem problemas na calibração dos seus sensores. Mencionam ainda que a medida da evaporação da água contida em recipientes, como o tanque Classe A, se apresenta como o método de baixo custo na estimativa da ETo, no entanto, a influência da transferência de calor da parede do tanque para a massa de água, por efeito da incidência da radiação solar, tem sido pouco estudado no processo da evaporação, assim como o nível adequado da água dentro do tanque, precisando-se, também, de cálculos para obter a ETo a partir da evaporação.

2.2. Coeficiente de cultura

Na estimativa das necessidades hídricas de uma cultura, é necessário estabelecer relações entre a evapotranspiração da cultura e um valor de referência, como a evapotranspiração calculada por fórmulas de estimativa, pois os valores de evapotranspiração não podem ser extrapolados para condições diferentes das quais foram determinados (MATZENAUER et al., 1998). O uso de coeficientes de cultura (K_c) associados a estimativas da evapotranspiração de referência (ETo), destaca-se como uma das principais metodologias na estimação das necessidades hídricas da plantas, sendo esta uma das principais informações para o manejo racional da irrigação (MENDONÇA et al., 2007).

A evapotranspiração das diversas culturas pode ser relacionada à evapotranspiração de referência por meio de coeficientes de ajuste. O coeficiente de cultura (K_c) relaciona a ET_c , em condições ótimas de umidade, fertilidade e sanidade, com a ETo, nos diferentes estádios de seu desenvolvimento. Considera as diferenças físicas e fisiológicas das culturas com a cultura de referência e varia com a cultura, data de semeadura, estágio de desenvolvimento, duração de cada estágio, condições climáticas e frequência de chuva ou irrigações. Quando as condições de campo diferem das condições padrões, são exigidos coeficientes de correção para

ajustar a ETc. Estes são o coeficiente de déficit de umidade no solo (K_s) e o de localização da irrigação (K_l), os quais refletem o efeito das condições ambientais e do manejo no campo (ALLEN et al., 1998).

Oliveira et al. (2003) mencionam que a evapotranspiração da cultura se diferencia da evapotranspiração de referência pelo efeito de três características integradas no coeficiente de cultura (K_c): a altura da cultura, a resistência da superfície e o albedo da superfície cultura-solo. Menciona também que durante o período vegetativo, o valor de K_c varia com o desenvolvimento da cultura e com a fração de cobertura da superfície de solo.

Soares et al. (2001) assinalam que durante os estádios intermediário e final da cultura (cobertura total do solo), o valor do K_c é pouco variável; no entanto, nas fases inicial e de crescimento rápido (cobertura parcial), o valor de K_c dependerá principalmente do conteúdo de água na camada superficial do solo, já que nessas fases a evaporação direta de água do solo representa grande parte da evapotranspiração da cultura (ETc).

No cálculo dos coeficientes de cultura, Allen et al. (1998) dividiram o período de desenvolvimento das culturas em quatro estádios:

- I. Estádio inicial: começa no plantio e estende-se até, aproximadamente, quando a planta cobre 10% da superfície do solo;
- II. Estádio de crescimento: inicia-se no final do primeiro estágio até completar a cobertura efetiva do solo;
- III. Estádio intermediário: ocorre da cobertura completa efetiva ao início da maturação; e
- IV. Estádio final: que compreende o período desde o início da maturação até a colheita ou senescência completa.

2.3. Irrigâmetro

Na determinação da evapotranspiração é fundamental a escolha de um método prático e preciso que permita aferir, corretamente, as necessidades hídricas da cultura, sem que seu uso seja restrito só às pesquisas. Frente à necessidade de se obter medidas de evapotranspiração

de maneira confiável, precisa, prática e de baixo custo, o uso do irrigômetro e do minilímetro operando com irrigômetro modificado, se apresentam como ferramentas de grande valia na determinação da evapotranspiração, com grande potencial de uso no manejo de água de irrigação.

O Irrigômetro, inventado e desenvolvido por uma equipe de pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, é um aparelho evapopluviométrico utilizado no manejo da irrigação. Combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura e tem por objetivo a otimização do uso da água na agricultura irrigada. A aplicação da lâmina de irrigação necessária à cultura evita a aplicação de água em excesso e o consumo desnecessário de energia, evitando a degradação do meio ambiente, refletindo na redução dos custos de produção e no aumento da produtividade e da qualidade das culturas.

O Irrigômetro possui um evaporatório e três escalas, usadas no manejo da irrigação: (a) a escala laminar - graduada no tubo de alimentação do aparelho, a qual mede a lâmina de água evaporada ou evapotranspirada; (b) a escala da régua de manejo – sem graduação, que possui quatro faixas que indicam a necessidade de irrigação, englobando as características físico-hídricas do solo e da cultura; e (c) a escala da régua temporal ou porcentual – graduada em horas e minutos ou em porcentagem, a qual indica o tempo de funcionamento do sistema de irrigação, sendo confeccionada de acordo a intensidade de aplicação do sistema (OLIVEIRA e RAMOS, 2008).

O Irrigômetro pode estar equipado com um evaporímetro ou um evapotranspirômetro. No primeiro caso se poderá fazer, numa escala apropriada, a leitura direta da lâmina evaporada, podendo-se determinar também, de maneira indireta, a evapotranspiração de referência (ET_o) e a evapotranspiração da cultura (ET_c). Se o irrigômetro estiver equipado com um evapotranspirômetro de lençol freático constante, se poderá fazer a leitura direta da ET_c da grama, se nele estiver cultivada a grama-batatais, ou da ET_c, no caso do evapotranspirômetro estiver cultivado com a cultura de interesse.

O Irrigâmetro modificado também utiliza o princípio de Mariotte para manter o nível freático constante no minilímetro, pela reposição contínua da água evapotranspirada. O valor da evapotranspiração é obtido da diferença de leituras feitas, periodicamente, em uma escala graduada. Materán (2006) obteve bom desempenho do minilímetro, com 0,30 m de profundidade de nível freático, operando com irrigâmetro modificado, na determinação da ET_c da grama batatais. O autor salienta sua grande praticidade e simplicidade, facilitando sua utilização.

Segundo Tagliaferre (2006), o irrigâmetro constitui-se num aparelho de grande potencial de uso na agricultura irrigada, fornecendo de forma rápida e prática, respostas às duas perguntas básicas do manejo da irrigação: quando e quanto irrigar, recomendando seu uso para o manejo da água na agricultura irrigada. O autor, trabalhando com irrigâmetro e minievaporímetros operando com irrigâmetro modificado, obteve desempenho adequado dos aparelhos, obtendo valores estimados de ET_o mais próximos aos obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith – FAO 56, para períodos de um, três, cinco e sete dias, quando comparado com os métodos de radiação - FAO 24, Penman Modificado – FAO 24 e Hargreaves-Samani, os quais superestimaram a ET_o; já o lisímetro de drenagem e o tanque Classe A subestimaram a ET_o.

2.4. Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), originária da bacia Ocidental do Mediterrâneo, é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Asteraceae (compositae), consumida *in natura*, durante a sua fase vegetativa (ABAURRE, 2004). É a hortaliça folhosa mais importante, tanto em termos de comércio quanto de consumo, principalmente pela sua facilidade de aquisição e produção durante o ano inteiro (OLIVEIRA et al, 2004).

A alface é uma planta herbácea, de caule diminuto e não ramificado onde folhas grandes, lisas ou crespas, se prendem e se desenvolvem, atingindo o seu maior desenvolvimento no fim do período vegetativo. Sua raiz pivotante, de onde saem ramificações finas e curtas, chega a 0,25 m de

profundidade. A alface se adapta melhor a solos de textura média, bem soltos, ricos em matéria orgânica e com alta disponibilidade de nutrientes nas camadas superficiais. É também muito exigente em água, aumentando linearmente seu peso, produtividade e qualidade quando irrigada adequadamente (FILGUEIRA, 2005).

O período vegetativo da alface abrange desde a emergência das plântulas até o início da floração, o qual começa com o alongamento do caule e termina com a emissão do escapo floral. A produção economicamente viável está representada pela sua fase vegetativa, a qual se encerra quando as folhas atingem seu maior tamanho (ABAURRE, 2004).

A alface é uma cultura típica de inverno. Temperaturas amenas são essenciais durante todo o seu ciclo vegetativo, principalmente durante o desenvolvimento da cabeça. Temperaturas mais elevadas (20-30°C) aceleram o ciclo da cultura, resultando em plantas menores e em produtividades reduzidas (FILGUEIRA, 2005). Portanto, as melhores produções da cultura ficam restritas às épocas mais frias do ano, quando o consumo de saladas é menor. Neste sentido, é importante o desenvolvimento de trabalhos que visem o melhoramento e também novas técnicas de cultivo nos plantios de verão (OLIVEIRA et al., 2004).

Castellane et al. (1990) ressaltam que no Brasil eram cultivados cerca de setenta e cinco cultivares comerciais, dos quais cerca de dezoito eram nacionais, desenvolvidas em instituições e empresas públicas e privadas.

Oliveira et al. (2004) mencionam a importância da criação de novas cultivares adaptadas ao plantio em ambiente protegido, o que constitui um agroecossistema distinto daquele representado pelo cultivo tradicional. Neste sentido, Trani et al (2006) assinalam também a importância da avaliação do desempenho destas cultivares, principalmente em períodos do ano em que as condições são desfavoráveis. Mencionam também que o número de cultivares da alface tem aumentado, inclusive com lançamento de cultivares adaptadas em condições de ambiente protegido.

2.5. Cultivo em ambiente protegido

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido tem sido muito difundido nos últimos anos. Esta tecnologia agrícola permite obter um ambiente com microclima próprio, permitindo o desenvolvimento da cultura e a produção de alimentos de maneira competitiva e sustentável. O ambiente protegido diminui os riscos e as incertezas da atividade agrícola, possibilitando, em alguns casos, aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos produtos.

O monitoramento dos parâmetros climáticos no ambiente protegido, tais como temperatura, radiação solar, umidade do ar e evapotranspiração, é fundamental uma vez que eles se alteram com o uso dos agrofílmes, influenciando o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas (BECKMANN et al., 2006).

Silva et al. (2003) mencionam que as casas de vegetação se comportam insatisfatoriamente do ponto de vista térmico, apesar destas apresentarem muitas vantagens na agricultura. Durante o dia a temperatura é elevada, a qual é dificilmente evitada pela ventilação natural e, à noite, ocorrem, com frequência, temperaturas inferiores às críticas da cultura. No entanto, Caliman et al. (2005) assinalam que uma das peculiaridades do ambiente protegido é diminuir as grandes oscilações de temperatura entre o dia e a noite, desde que manejado adequadamente.

Uma das características de produção de hortaliças nas condições tropicais e subtropicais é permitir o cultivo durante o ano todo. Em muitas regiões do Brasil, a melhor época para o cultivo de hortaliças em campo aberto é no inverno, por apresentar um clima mais ameno, com temperaturas mais elevadas da que de outros países com inverno mais rigoroso. Portanto, a justificativa de cultivos em ambientes protegidos durante essa época é a obtenção de melhor qualidade do produto. Já no verão, o emprego de casas de vegetação permite proteger a cultura das chuvas intensas, próprias destas regiões, conseguindo-se também alta produção e produtos com qualidade.

A finalidade de se cultivar em ambiente protegido é melhorar as condições ambientais que permita uma produção de vegetais controlada e

eficiente. No entanto, a falta de conhecimento técnico referente ao manejo das culturas e da irrigação nestes ambientes limita os benefícios gerados por essa atividade. Boas et al. (2007) mencionam que, devido à importância do cultivo da alface em ambiente protegido, torna-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões do Brasil.

Diferentes trabalhos demonstram que a evapotranspiração e, em consequência, o consumo de água pelas plantas em ambiente protegido é, em geral, menor que em condições externas (FARIAS et al., 1994; BURIOL et al., 2001; FERNANDES et al., 2004; REZENDE et al., 2004). Isto é atribuído aos seguintes fatores que têm maior influência na demanda evaporativa da atmosfera: a) opacidade da cobertura de plástico, com diminuição da radiação solar incidente e, b) redução da ação dos ventos, embora haja aumento da temperatura do ar e diminuição de sua umidade relativa durante o dia no interior da casa de vegetação, que contribuiria para o aumento da evapotranspiração. A evapotranspiração de um cultivo em ambiente protegido fica entre 60 e 80% do valor obtido em ambiente externo (FACCIOLI, 1998).

Farias et al. (1994) mencionam que o balanço energético e de radiação no ambiente protegido são modificados pela cobertura de plástico, alterando a evapotranspiração. Andrade Junior e Klar (1997) mencionam como alternativa o uso de irrigação localizada no ambiente protegido, dentre eles o gotejamento, ressaltando a importância do manejo da água nestas condições.

O desempenho de dois cultivares de alface, em três tipos de ambiente, foi avaliado por Barros Júnior et al. (2004). Foram utilizados dois ambientes em condições de cultivo protegido com túneis baixos de 50 cm de altura de agrotêxtil branco, com gramaturas de 13 g/m² e 40 g/m², respectivamente, e um terceiro em condições de ambiente externo. Os resultados demonstraram superioridade das características das cultivares em relação à altura, diâmetro da cabeça, qualidade e produtividade, quando usado o agrotêxtil de 40 g/m². No entanto, o número de folhas e a massa seca da parte aérea por planta não apresentaram variação nos três tratamentos. Atribuíram este comportamento à maior espessura do agrotêxtil

de 40 g/m², que proporcionou melhor proteção às plantas contra os efeitos das elevadas temperaturas, luminosidade e precipitações.

Resultado similar foi obtido por Oliveira et al. (2006) ao trabalhar com três cultivares da alface em três tipos de ambiente: sem proteção com agrotêxtil, agrotêxtil diretamente sobre as plantas e com a utilização de uma estrutura de apoio na forma de túneis, com aproximadamente 50 cm de altura. Neste estudo, a utilização do agrotêxtil na forma de túnel baixo proporcionou maior produtividade, massa fresca e seca da parte aérea da planta, independentemente da cultivar.

Diferentes trabalhos têm demonstrado também superioridade nas características produtivas de diferentes hortaliças, quando conduzidas em ambiente protegido (OTTO et al., 2001; PEREIRA et al., 2003; CALIMAN et al., 2005; GALVANI et al., 2007). Trabalhos como o de Lulu et al. (2005) e Feltrim et al. (2006), demonstram também superioridade na produtividade e qualidade da uva de mesa Romana (A 1105) e na chicória, respectivamente, quando conduzidas com cobertura de plástico.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa, MG, à altitude de 651m, 20°45' de latitude Sul e 42°52' de longitude Oeste. Viçosa tem uma temperatura média anual de 19 °C, umidade relativa média do ar de 80% e precipitação média anual de 1.341 mm. A região apresenta estações seca e chuvosa bem definidas e segundo a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Cwa: subtropical, com inverno seco.

O experimento foi realizado dentro de uma casa de vegetação e fora desta (ambiente interno e externo, respectivamente), no período de verão, entre os dias 21/12/07 a 21/01/08.

O solo da área experimental é um latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa (TAGLIAFERRE, 2006). Os canteiros, de ambos ambientes, foram preparados dez dias antes do transplante, fazendo-se uma aração e uma gradagem preliminar. A correção da fertilidade do solo foi feita com a aplicação de 5 kg/m² de esterco de curral curtido (ABAURRE, 2004) misturados com a adubação mineral equivalentes às doses de 420 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, para o ambiente protegido e 400 kg/ha de P₂O₅,

120 kg/ha de K_2O e 150 kg/ha de nitrogênio, na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e uréia, respectivamente, para o ambiente não protegido. As doses foram definidas de acordo com recomendações de adubação para a cultura, em ambiente aberto e fechado, para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). Uma segunda gradagem foi feita para misturar e incorporar os adubos ao solo.

Foram feitas duas adubações de cobertura com adubo mineral, aplicados aos 14 e 21 dias após o transplântio. As doses de nitrogênio e potássio nas adubações de cobertura, dentro e fora da casa de vegetação, também foram com base nas recomendações de Ribeiro et al. (1999), constando de 24 kg/ha de K_2O e 30 kg/ha de nitrogênio, na forma de cloreto de potássio e uréia, respectivamente. A aplicação em coberturas foi feita antes da fase de máximo desenvolvimento da planta, coincidente com o início da formação da cabeça da alface (FILGUEIRA, 2005).

A casa de vegetação, do tipo arco, teve dimensões de 7,8 x 7,1 m, altura central de 3,8 m e 1,7 m de pé direito, e estava coberta com filme de polietileno transparente aditivado de 150 μm de espessura, com laterais protegidas com sombrite (Figura 1), que permitia a adequada troca dos gases do ambiente. O ambiente externo (Figura 2) tinha aproximadamente as mesmas dimensões e orientação e estava localizado próximo da casa de vegetação.



Figura 1 – Vista geral da casa de vegetação



Figura 2 – Vista geral do ambiente externo e da casa de vegetação

Em cada um dos ambientes cultivou-se alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Regina, em cinco canteiros irrigados por gotejamento, sendo a bordadura constituída pelos canteiros externos. Nos três canteiros centrais úteis, de cada ambiente, foram instalados 12 minilismetros de lençol freático constante, sendo quatro deles em cada canteiro (Figura 2), para a determinação da evapotranspiração diária da cultura. Todos os dias, às nove horas, fazia-se a leitura dos níveis de água nos irrigômetros modificados. A evapotranspiração diária era obtida da diferença entre as leituras do nível da água de dois dias consecutivos.

Foram instaladas duas estações automáticas, uma dentro e a outra fora da casa de vegetação, para a medição dos elementos meteorológicos (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento) nos dois ambientes.

Nas duas fileiras centrais de plantio da alface de cada canteiro útil foram instalados, aleatoriamente, quatro minilismetros de lençol freático constante (Figura 3) que foram enterrados até a profundidade de 0,4 m, onde, posteriormente, se estabeleceriam quatro profundidades de lençol freático.

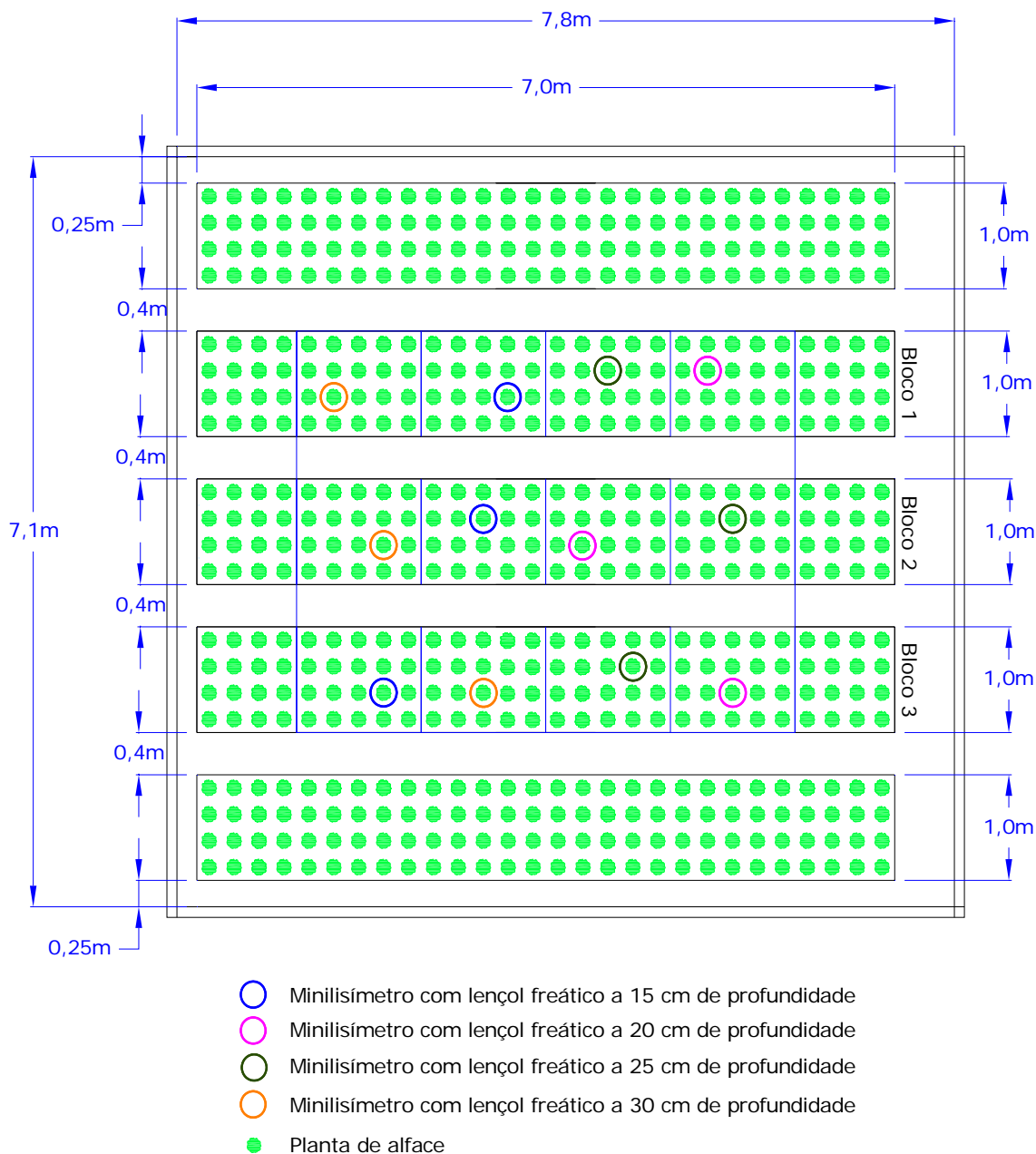


Figura 3 – Croqui da área experimental com a distribuição dos minilímetros.

Os tratamentos avaliados, em cada ambiente, corresponderam às quatro profundidades de lençol freático estabelecidas nos minilímetros, sendo o T15, T20, T25 e T30, correspondentes as quatro profundidades: 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m, respectivamente. Na Figura 3 observam-se 12 unidades experimentais, quatro por canteiro.

Foi necessária a instalação de uma cobertura plástica em forma de túnel baixo nos canteiros úteis do ambiente externo (Figura 4). Esta

cobertura era colocada exclusivamente na ocorrência de chuvas, protegendo os minilísímetros a fim de evitar erros na coleta de dados de evapotranspiração. Na ocorrência de chuvas noturnas, a cobertura era retirada nas primeiras horas da manhã.



Figura 4 – Cobertura plástica de proteção contra a chuva no ambiente externo.

3.2. Descrição do minilísímetro operando com o irrigâmetro modificado

Os minilísímetros de PVC, de formato circular, com diâmetro interno de 242 mm (área interna de 0,046 m²), e 0,45 m de altura foram instalados a 0,40 m de profundidade. Após sua instalação, eles foram preenchidos com uma camada de brita zero, com espessura de 50 mm, sobre a qual foi sobreposta outra camada de 50 mm de brita um, acima da qual o solo anteriormente retirado foi recolocado, mantendo-se a mesma disposição do perfil. Esta camada de solo tinha 300 mm de espessura. Portanto, o minilísímetro ficou com uma borda livre de 50 mm.

O Irrigâmetro modificado, construído com tubo de PVC de 72,4 mm de diâmetro interno e 0,85 m de altura, foi conectado lateralmente na base do minilísímetro (Figura 5) com uma mangueira de polietileno de 8 mm de diâmetro, que também ficou enterrada no solo permitindo a passagem da água do irrigâmetro modificado para o minilísímetro. A mangueira foi

instalada reta e com acividade no sentido irrigâmetro modificado - minilímetro, para evitar formação de bolhas de ar que poderia obstruir o escoamento. Na lateral externa do irrigâmetro modificado havia uma escala graduada que permitia medir o nível de água existente no interior do aparelho.

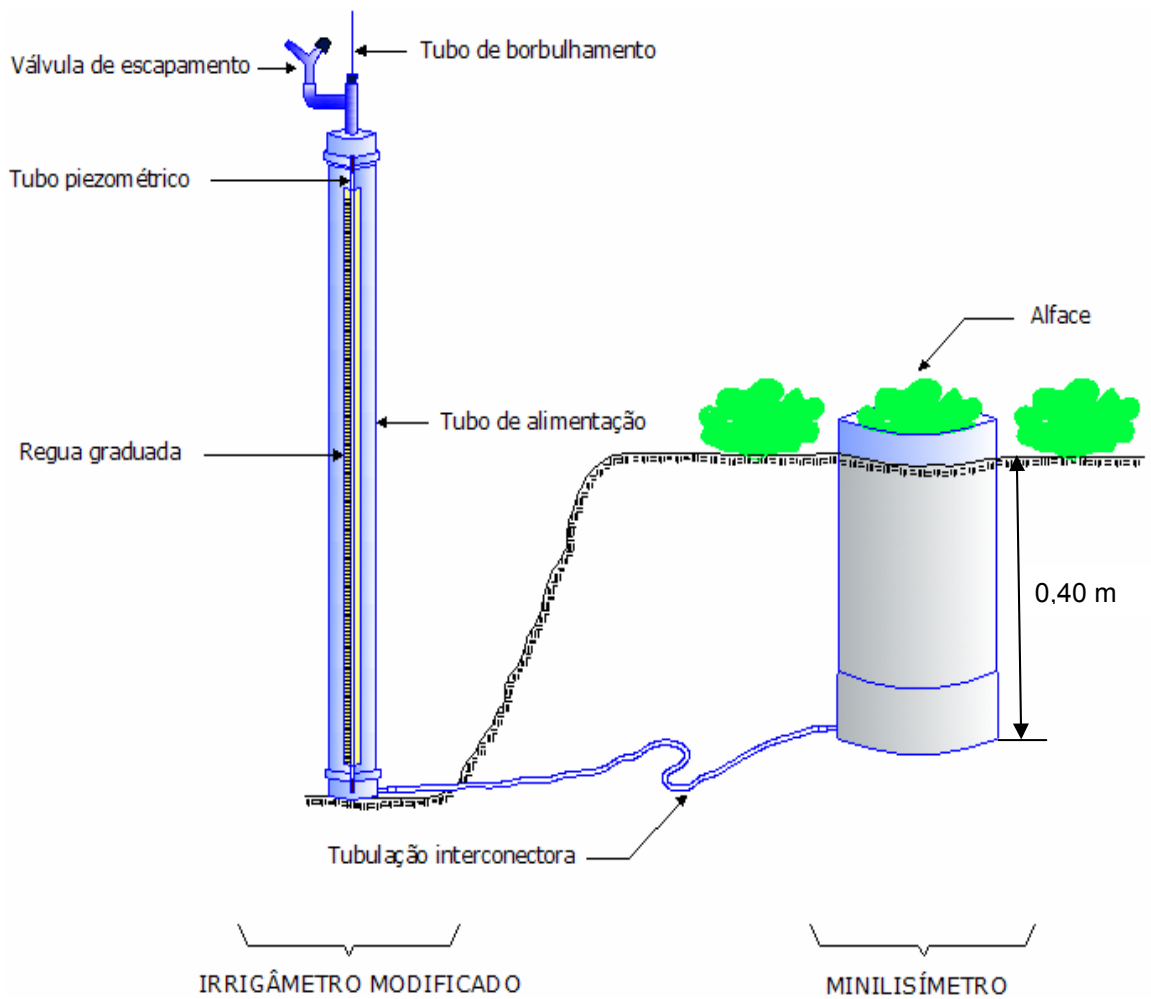


Figura 5 – Minilímetro conectado ao irrigâmetro modificado.

Os irrigâmetros modificados foram instalados fora da área experimental, tanto ao ambiente protegido como ao não protegido (Figuras 6 e 7).



Figura 6 – Minilímetros conectados aos irrigômetros modificados, na casa de vegetação.



Figura 7 – Minilímetros conectados aos irrigômetros modificados no ambiente não protegido.

Uma ponta limimétrica eletrônica foi usada para fazer a leitura e controle do lençol freático nos minilímetros enterrados no solo, bem como para regular a altura da ponta inferior do tubo de borbulhamento do irrigômetro modificado. O nível freático desejado em cada um dos minilímetros era obtido com a movimentação vertical do tubo de borbulhamento, observando-se o sinal luminoso emitido pela ponta

linimétrica quando o nível da água no tubo de acesso (Figura 8) atingia a altura desejada.

Para abastecer o irrigâmetro modificado fechava-se a tubulação interconectora, abria-se a válvula de escapamento e conectava-se uma mangueira de abastecimento ao tubo de borbulhamento, mantendo-a desta forma até o enchimento do tubo de alimentação do irrigâmetro. Uma vez feito o abastecimento a válvula de escapamento era fechada e abria-se a tubulação interconectora. A água excedente no irrigâmetro, especificamente a que se encontrava dentro do tubo de borbulhamento, era retirada no minilímetro, por sucção, usando uma mangueira inserida no tubo de acesso do minilímetro (Figura 8), até zerar o irrigâmetro modificado e se produzir o borbulhamento no aparelho. Terminado o borbulhamento, o irrigâmetro estava em condições de operar normalmente.



Figura 8 – Tubo de acesso instalado dentro do minilímetro usado na leitura do lençol freático e na sucção da água excedente.

3.3. Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, constituído por um cabeçal de controle, uma válvula controladora de pressão, um filtro de disco, válvulas de gaveta e fitas gotejadoras com emissores espaçados de 0,30 m.

As vazões dos gotejadores foram medidas e obteve-se um valor médio de 1,305 L/h no ambiente protegido e 1,315 L/h no ambiente externo.

Foi considerada, para efeito de manejo, a vazão média de 1,31 L/h, utilizada em ambos ambientes. A intensidade de aplicação média do sistema foi calculada em 8,73 mm/h. As fitas gotejadoras foram dispostas sobre a superfície do solo em subunidades que foram definidas em função da distribuição dos tratamentos em cada canteiro, o que permitiu a aplicação da lâmina evapotranspirada em cada tratamento, independente dos demais. Foi usada uma fita gotejadora para duas fileiras da alface.

As vazões medidas nos gotejadores nos diferentes pontos das linhas gotejadoras, tanto no ambiente protegido como no não protegido, num total de 48 valores, também foram usados para calcular o coeficiente de uniformidade de distribuição, representando a uniformidade de emissão do sistema. O valor encontrado foi de 96,88%, valor que também caracteriza a eficiência de irrigação (KELLER e BLIESNER, 1990), sendo este considerado de alta eficiência, para o sistema de irrigação por gotejamento.

3.4. Semeadura e transplântio da alface

A semeadura da alface foi feita no dia 26/11/07, utilizando-se a variedade Regina, de folhas lisas e coloração verde-claro, a qual apresenta boa produtividade e aceitação comercial (CARVALHO et al., 2005). As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 200 células, preenchidas com substrato comercial apropriado. Foram colocadas de duas a três sementes por célula; aos sete dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se uma muda por célula. As mudas foram transplantadas quando estavam com quatro a cinco folhas definitivas (FACCIOLI, 1998; FILGUEIRA, 2005), o que ocorreu no dia 21/12/07, 25 dias após a semeadura.

Nos dois ambientes foram preparados cinco canteiros, espaçados entre si de 0,4 m, com um metro de largura, sete metros de comprimento e altura aproximada de 0,20 m. Os dois canteiros externos serviram como bordadura dos três canteiros centrais; foi deixada também uma bordadura com um metro quadrado de área em ambos os extremos dos canteiros

centrais, minimizando, desta maneira, o efeito da advecção do ar na área útil de cada ambiente.

As mudas foram transplantadas nos canteiros, em quatro fileiras, no espaçamento 25 x 25 cm. Cada fileira tinha 28 plantas da alface, totalizando 112 plantas em cada canteiro e 560 plantas por ambiente. Cada minilímetro continha uma muda transplantada no seu centro, compondo a linha de plantio (Figura 9).



Figura 9 – Alface do minilímetro compondo a linha de plantio.

3.5. Evapotranspiração da cultura da alface

Para determinar a evapotranspiração da cultura da alface, cada minilímetro de nível freático constante foi conectado a um irrigâmetro modificado que possuía uma escala laminar graduada (Figura 10) no tubo de alimentação do aparelho. Este equipamento além de manter o nível freático constante, estabelecido no minilímetro, garantia a reposição da lâmina de água evapotranspirada pela planta da alface.

Diariamente, às nove da manhã, faziam-se, diretamente, as leituras, em mm, nas escalas dos 12 irrigômetros modificados de cada ambiente, correspondentes às quatro profundidades de lençol freático estabelecidas nos minilímetros e as três repetições.



Figura 10 – Irrigômetros modificados equipados com a escala laminar graduada.

A determinação dos valores da evapotranspiração da cultura da alface, em cada minilímetro, foi obtida da diferença entre a leitura atual e a do dia anterior. A escala, com precisão de 0,1 mm, foi graduada considerando as áreas internas do minilímetro e do tubo de alimentação do irrigômetro modificado.

O registro dos valores de evapotranspiração da cultura nos dois ambientes foi iniciado quatro dias após o transplante, período de tempo necessário para que as plantas se aclimassem às novas condições ambientais. Nestes dias faziam-se duas irrigações diárias, com a finalidade de manter a camada superficial do solo com umidade próxima a da capacidade de campo. Os irrigômetros modificados foram preparados no dia 24/12/2007 e no dia 25/12/2007 fez-se o registro inicial do valor na escala do irrigômetro modificado. Portanto, o primeiro valor de evapotranspiração foi obtido para o dia 25/12/2007, da diferença de leituras na escala do irrigômetro modificado dos dias 26 e 25 de dezembro. A última coleta de dados foi no dia 21/01/08, que permitiu determinar a evapotranspiração do

dia anterior e que possibilitou obter valores de evapotranspiração durante 27 dias.

O encerramento da coleta de dados, tanto no ambiente protegido como no não protegido, terminou quando a alface atingiu seu maior tamanho comercial.

Devido a que nos últimos dias do período vegetativo a área do dossel da cultura foi maior a área interna do minilímetro (efeito buque), foi feita a correção dos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), nos quatro tratamentos e nas duas condições ambientais, por meio da relação entre as duas áreas.

3.6. Lâmina e tempo de irrigação

O manejo da irrigação foi feito com turno de rega constante e com frequência diária, tanto dentro como fora da casa de vegetação, tentando-se manter, em ambos ambientes e nos quatro níveis de lençol freático, o teor de água no solo próximo à capacidade de campo.

Diariamente, para cada tratamento, o valor da lâmina líquida de irrigação era igual à evapotranspiração média da cultura, determinada com os valores obtidos nas três repetições.

O valor de lâmina bruta foi calculado dividindo-se a lâmina líquida de cada tratamento pela eficiência de irrigação. No caso de irrigação localizada de alta frequência e sem necessidade de lixiviação, a eficiência de irrigação é igual à uniformidade de emissão (KELLER e BLIESNER, 1990).

O tempo de irrigação foi calculado dividindo-se a lâmina bruta pela intensidade de aplicação do sistema de irrigação. Portanto, a cada manhã, aplicavam-se quatro lâminas de irrigação distintas, correspondentes aos quatro tratamentos, em cada ambiente.

3.7. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência, em ambos os ambientes, foi calculada pelo método padrão de Penman-Monteith FAO 56 (equação 1),

utilizando-se o programa computacional REF-ET e os valores diários de cada um dos elementos meteorológicos necessários: radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento, que foram obtidas das estações instaladas nos dois ambientes.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que:

- ET_o = evapotranspiração de referência, mm/dia;
- R_n = saldo de radiação na superfície da cultura, MJ/m²/dia;
- G = densidade do fluxo de calor do solo, MJ/m²/dia;
- T = temperatura do ar média diária a 2 m de altura, °C;
- u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura, m/s;
- e_s = pressão de vapor de saturação, kPa;
- e_a = pressão parcial de vapor, kPa;
- e_s - e_a = déficit de pressão de vapor de saturação, kPa;
- Δ = declividade da curva de pressão de vapor, kPa/°C; e
- γ = coeficiente psicrométrico, kPa/°C.

3.8. Coeficiente de cultura

O coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (equação 2) foi calculado dividindo-se os valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), determinados nos minilísímetros, pela evapotranspiração de referência (ET_o), nas duas condições de ambiente. Em cada ambiente foram determinados, para cada tratamento, valores diários de K_i, durante o período vegetativo da alface.

$$K_i = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (2)$$

em que:

K_i = coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado, adimensional;
e

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm/dia.

O coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado engloba o coeficiente de cultura, o de déficit de água no solo e o de localização da irrigação (equação 3).

$$K_i = K_c K_s K_l \quad (3)$$

em que:

K_c = coeficiente de cultura, adimensional;

K_s = coeficiente de déficit de água no solo, adimensional e

K_l = coeficiente de localização da irrigação, adimensional.

O valor do coeficiente de localização (K_l) foi assumido como unitário. Este foi determinado em função da porcentagem da área molhada, a qual desde o primeiro dia de irrigação teve valor de 100%, por ser uma cultura de grande densidade e de o espaçamento entre emissores ser pequeno (0,5 x 0,3 m), o que proporcionou a formação de um bulbo molhado de extensão próxima a do espaçamento entre fileiras da alface, nos dois ambientes. Além disto, as plantas da alface, dentro dos minilímetros que tinham nível freático constante, formavam uma área molhada plena.

Com os valores de K_l unitário, os valores encontrados de K_i estavam em função do coeficiente de cultura (K_c) e do coeficiente de déficit de água no solo (K_s), tanto dentro como fora da casa de vegetação. Foram calculados os valores de K_i para os três primeiros estádios de desenvolvimento vegetativo da alface, para as quatro profundidades de lençol freático avaliadas nas duas condições ambientais.

Os estádios de desenvolvimento vegetativo da alface foram delimitados da seguinte forma:

Estádio I – do transplante até a cultura cobrir 10 % da superfície do terreno.

Estádio II – do final do primeiro estágio até a cobertura completa efetiva da superfície do terreno.

Estádio III – do final do segundo estágio até o máximo desenvolvimento vegetativo quando se faz a colheita da alface.

3.9. Avaliação da produção

Cada unidade experimental foi constituída por quatro fileiras da alface com cinco plantas cada uma, com espaçamento de 0,25 m entre fileiras e plantas, ocupando uma área de 1,25 m². As fileiras externas de cada unidade, além da primeira e última planta de cada fileira central foram consideradas bordadura; nesta distribuição, cada unidade tinha seis plantas da alface na sua área útil, incluindo a alface cultivada no minilímetro (Figura 3).

A colheita da alface, dentro e fora da casa de vegetação, foi feita no dia 21/01/08, aos 56 dias após a semeadura, quando as alfaces atingiram o seu maior tamanho comercial. Foram colhidas cinco das seis plantas da área útil de cada unidade experimental. Após a colheita fez-se a retirada das folhas senescentes e das menores que cinco centímetros de comprimento.

Devido ao efeito das lâminas de irrigação aplicadas diariamente em cada tratamento, dentro e fora da casa de vegetação, foram avaliadas as características de produção das alfaces dos tratamentos.

As características de produção avaliadas foram: massa fresca da parte comercial, massa fresca do caule, massa fresca da raiz, número de folhas por planta, comprimento e largura da folha, comprimento, diâmetro e volume do caule, volume da raiz, massa seca das folhas, do caule e da raiz. Foi determinada também a área foliar de cada planta utilizando-se o medidor de área foliar Licor 3100 com precisão de 0,01 cm². A área foliar, para a cultura da alface, é uma medida essencial na determinação do desenvolvimento da planta (SANDRI et al., 2007).

A média das massas frescas da cabeça de cada unidade foi determinada com os cinco pés da alface colhidos, enquanto que os valores

médios das demais características de produção avaliadas foram obtidos de duas plantas da alface por parcela.

Não houve ataque de pragas e doenças e o manejo de plantas invasoras foi feito com capinas manuais, a fim de prevenir danos ao sistema radicular e realizado quando necessário, conforme preconizado por Filgueira (2005).

3.10. Eficiência de uso de água

A eficiência de uso de água (equação 5) foi determinada dividindo-se a média das massas frescas da cabeça de cada tratamento pelo consumo médio de água no decorrer de todo o experimento, no respectivo tratamento.

$$EUA = \frac{MFCb}{L_L} \quad (5)$$

em que:

EUA = eficiência de uso de água, g/mm;

MFCb = massa fresca da cabeça, g; e

L_L = lâmina líquida aplicada, mm.

3.11. Análise estatística

Na análise estatística da evapotranspiração da cultura de alface, em cada ambiente (dentro e fora de casa de vegetação), foi usado o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as profundidades de lençol freático estabelecidas nos minilímetros (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m) e nas subparcelas os 27 dias de avaliação, no delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições. Foi feita uma análise conjunta entre os dois ambientes. Os dados foram analisados por meio da análise de variância. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Na análise estatística dos resultados das variáveis de produção foi adotado, para cada ambiente, o delineamento experimental em blocos casualizados, com as quatro profundidades de lençol freático e três repetições. Foi feita a análise conjunta entre as duas condições ambientais. Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. Considerou-se a profundidade de lençol freático como fator quantitativo, sendo escolhidos, para este fator, modelos baseados no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno em estudo. As equações de regressão ajustadas foram determinadas em função dos valores médios de cada variável de produção, obtidas das repetições de cada profundidade de lençol freático avaliada.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elementos meteorológicos

Nas Figuras 11 a 14 são apresentados os valores médios diários dos quatro elementos meteorológicos registrados durante a condução do experimento: radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, respectivamente, tanto para o ambiente protegido (dentro da casa de vegetação) como não protegido (fora da casa de vegetação).

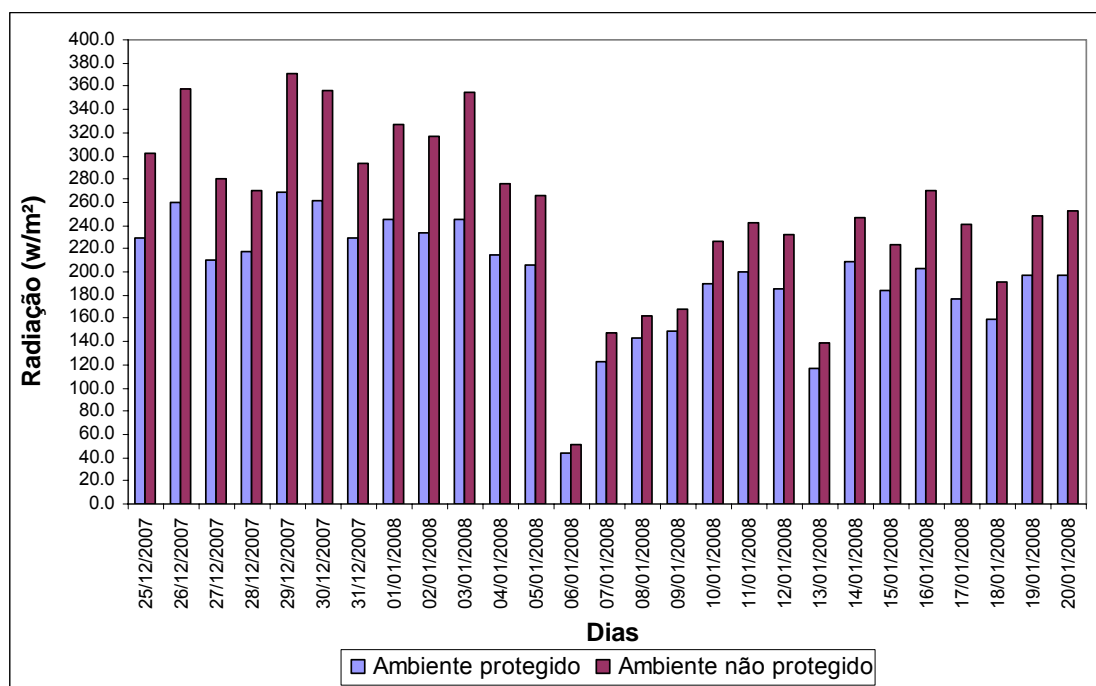


Figura 11 – Valores diários de radiação para os ambientes protegido e não protegido.

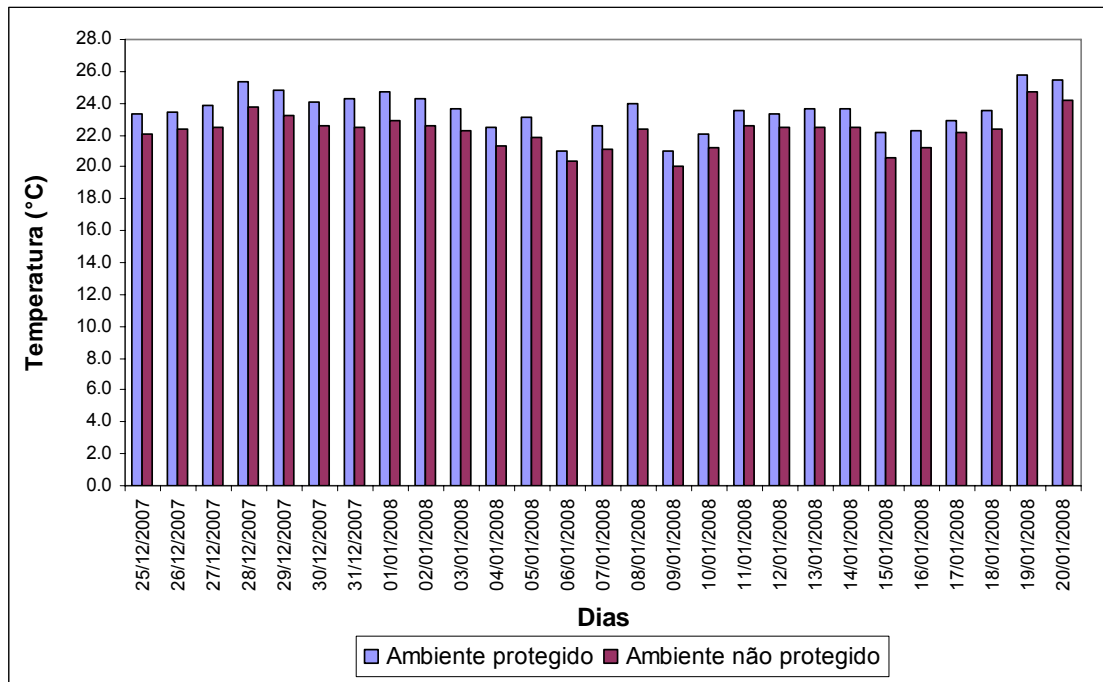


Figura 12 – Valores diários de temperatura média para os ambientes protegido e não protegido.

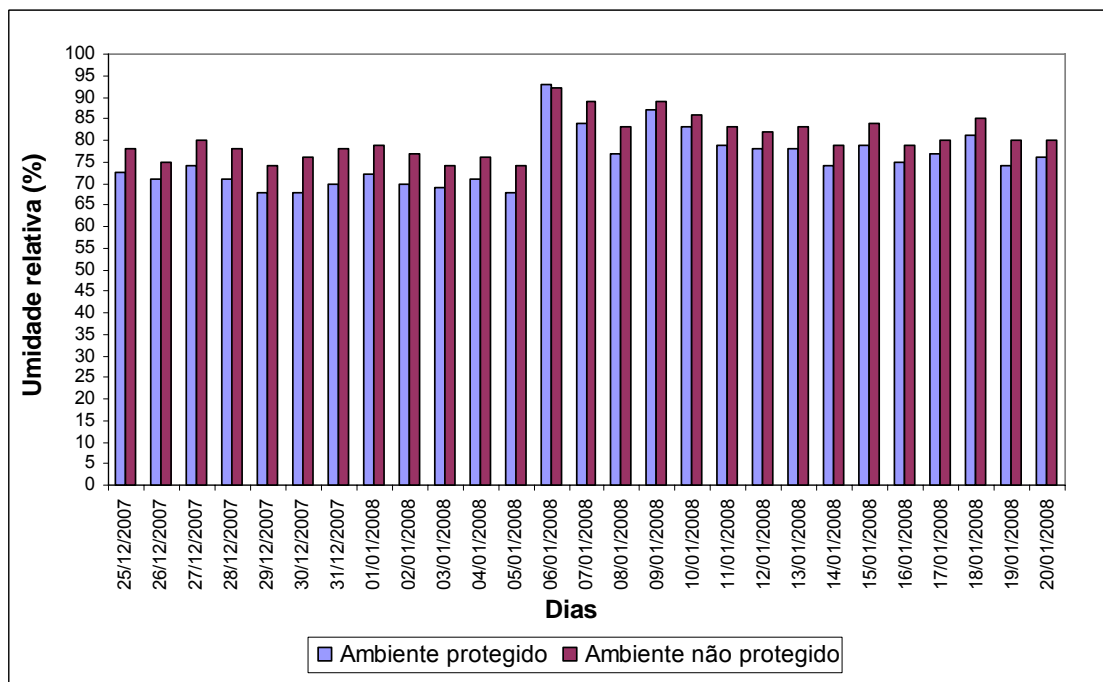


Figura 13 – Valores diários de umidade relativa média para os ambientes protegido e não protegido.

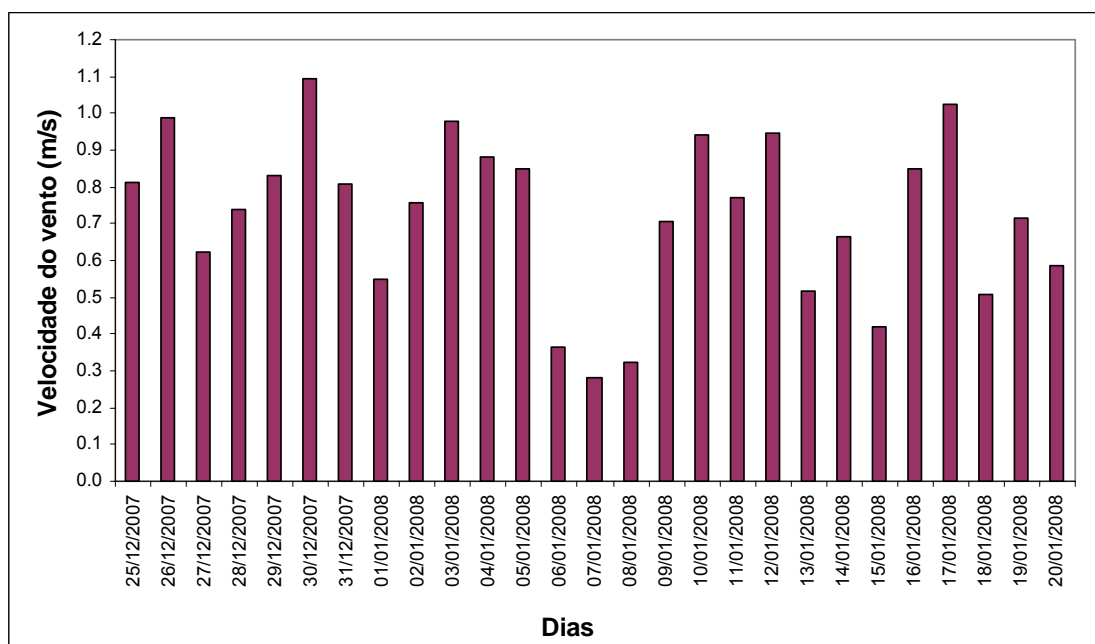


Figura 14 – Valores diários de velocidade média do vento para o ambiente não protegido.

Na Figura 11 pode se observar que os valores de radiação incidente sobre as plantas dentro do ambiente protegido foram menores em comparação ao ambiente fora da casa de vegetação, apresentando diminuição média de 20,9 %, durante a condução do experimento. Semelhante resultado foi obtido por Beckmann et al. (2006), no Rio Grande do Sul, encontrando uma diminuição média de 24,06 %, dentro do ambiente protegido, quando comparado ao ambiente externo. Caliman et al. (2005) encontraram uma diminuição aproximada de 25 % dentro da casa de vegetação, nas condições de Viçosa-MG.

Os valores de temperatura média diária dentro da casa de vegetação foram, em média, 5,7% superiores aos valores medidos no ambiente externo (Figura 12), durante todo o experimento. Santos et al. (2002) encontraram valores superiores, em 7,5 % da temperatura do ar, dentro do ambiente protegido, em comparação ao ambiente externo. Silva et al. (2003) encontraram diferença maior, de 10 a 25 % superiores dentro da casa de vegetação.

Os valores diários de umidade relativa podem ser observados na Figura 13. Dentro do ambiente protegido a umidade relativa média, durante o

experimento, foi de 75,5 %, valor inferior ao do ambiente não protegido cujo valor encontrado foi de 80,5 %. Pode se observar o comportamento inverso da umidade relativa (Figura 13) e a temperatura (Figura 12) em cada um dos dois ambientes.

O ambiente protegido apresentava ventilação adequada, porém não houve registros de velocidade de vento na estação climática, pois a 2 m de altura a cobertura do teto, provavelmente, interceptava o vento. No entanto a velocidade do vento, ao nível do dossel da cultura, não foi tão acentuada para poder influenciar a evapotranspiração da alface, devido à grande interceptação do vento pelo sombrite das laterais. Na Figura 14 pode-se observar os valores de velocidade média do vento no ambiente externo, cujo valor médio, no decorrer do experimento, foi de 0,7 m/s. O valor máximo da média diária foi inferior a 1,1 m/s.

Os valores médios diários de cada variável climatológica registrada nas estações meteorológicas automáticas instaladas dentro (ambiente interno) e fora (ambiente externo) durante a condução do experimento, e seus valores máximos e mínimos, estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores médios diários e valores máximos e mínimos de radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, registrados dentro e fora da casa de vegetação, durante o período experimental.

Variáveis	Ambiente interno			Ambiente externo		
	méd. ⁽¹⁾	máx. ⁽²⁾	mín. ⁽³⁾	méd. ⁽¹⁾	máx. ⁽²⁾	mín. ⁽³⁾
Radiação (w/m ²)	196,2	269,3	44,5	252,3	370,2	51,6
Temperatura (°C)	23,5	38,0	14,0	22,2	32,6	14,0
Umidade relativa (%)	75,5	100,0	31,0	80,5	97,0	37,0
Velocidade do vento (m/s)	-	-	-	0,7	2,7	0,4

(1) Valores médios.

(2) Valores máximos.

(3) Valores mínimos.

Os valores diários de temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média e radiação solar, medidos dentro da casa de vegetação, estão apresentados no Quadro 1A.

Os valores diários de temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média, velocidade do vento média, radiação solar e precipitação, coletados na estação climatológica instalada fora da casa de vegetação, estão apresentados no Quadro 2A.

Foi observada maior sensibilidade da cobertura plástica sobre as temperaturas máximas, pois a diferença média entre as temperaturas máximas, registradas nos dois ambientes, em todo o período experimental, foi de 3,6 °C, enquanto que a diferença média entre as temperaturas mínimas foi de apenas 0,1 °C. Santos et al. (2002), trabalhando em casa de vegetação e ambiente externo, encontraram diferença de 5,07 °C e 1,22 °C, entre as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente. Os autores encontraram também, entre os dois ambientes, diferença da temperatura média igual a 1,93 °C, em todo o período experimental. No presente estudo, esta diferença foi de 1,3 °C (Quadro 1).

4.2. Evapotranspiração de referência

Na Figura 15 estão apresentados os valores diários de ETo durante o período de condução do experimento, dentro e fora da casa de vegetação.

Os valores médios diários de ETo calculados, dentro e fora do ambiente protegido, foram 3,35 e 4,08 mm/dia, respectivamente, durante todo o período experimental. No ambiente protegido, os valores calculados de ETo apresentaram uma redução média de 16,5 % em comparação aos valores no ambiente externo.

A diminuição da radiação solar, devido à interceptação pela cobertura plástica, e a quase ausência de vento, dentro da casa de vegetação, foram os fatores principais para que os valores de evapotranspiração fossem inferiores, em comparação ao ambiente não protegido.

Os maiores valores da ETo foram calculados para o dia 29/12/07 e iguais a 4,47 e 5,93 mm/dia para as condições de ambiente protegido e não protegido, respectivamente, enquanto que no dia 06/01/08 ocorreram os menores valores: 0,96 e 1,10 mm/dia.

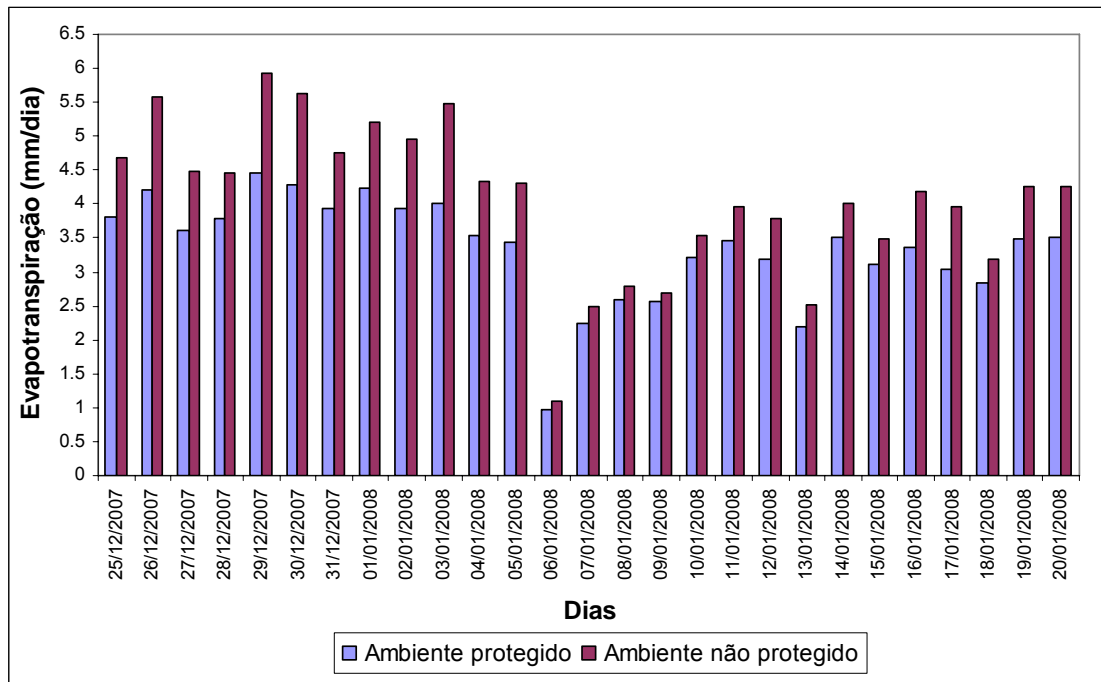


Figura 15 – Valores diários de evapotranspiração de referência para os ambientes protegido e não protegido.

Os valores de E_{To} são resultados da interação dos elementos meteorológicos que os afetam. Neste contexto os maiores valores de radiação também foram registrados no dia 29/12/07 e os menores valores no dia 06/01/08, tanto para o ambiente protegido como não protegido, observando-se a importância da radiação no processo da evapotranspiração. Nota-se também a relação inversa entre a umidade relativa e a evapotranspiração de referência, ocorrendo os menores valores de umidade no dia 29/12/07 e os maiores no dia 06/01/08, dentro e fora da casa de vegetação. A umidade relativa está diretamente relacionada à temperatura e seus valores estão também influenciados pela evapotranspiração (SILVA et al., 2003).

No Quadro 3A estão apresentados os valores de evapotranspiração de referência (E_{To}) diários, calculados no período experimental, nas condições interna e externa à casa de vegetação.

4.3. Evapotranspiração da cultura da alface

4.3.1. Evapotranspiração da cultura dentro da casa de vegetação

Na Figura 16 é apresentada a evapotranspiração diária média da cultura, agrupada a cada três dias, nos tratamentos avaliados dentro do ambiente protegido, do transplântio da alface até a colheita, enquanto que seus valores diários medidos nos minilísimetros com profundidades de 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m de lençol freático, representados pelos tratamentos T15, T20, T25 e T30, respectivamente, dentro da casa de vegetação, são apresentados no Quadro 4A.

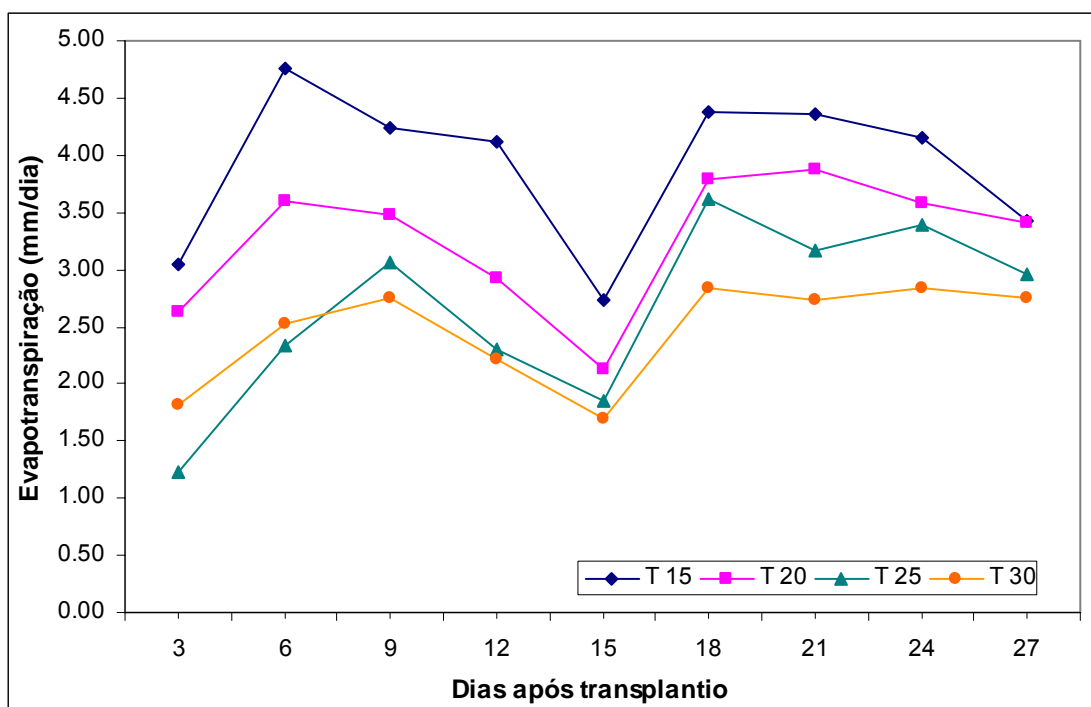


Figura 16 – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, na casa de vegetação, no período vegetativo da cultura depois do transplântio.

Observa-se, na Figura 16, que quanto mais profundo o nível freático nos minilísimetros, menores foram os valores de ETc, a exceção do

tratamento T25 que apresentou valores menores que o tratamento T30 nos primeiros dias.

Nos primeiros dias do período vegetativo, as raízes das alfaces transplantadas, nos diferentes tratamentos, não se encontravam totalmente desenvolvidas e a cobertura do solo era pequena; portanto, nesse período, a evaporação direta da água no solo era o principal componente do processo de evapotranspiração da cultura (ET_c).

Observa-se ainda que o tratamento T15 apresentou os maiores valores de ET_c, praticamente durante todo o período vegetativo da alface, depois do transplântio. Este comportamento foi devido, principalmente, a franja capilar que se formou bem próximo à superfície do solo, em decorrência da menor profundidade do lençol freático, mantendo a umidade do solo elevada nas camadas superficiais, favorecendo a evaporação. Este efeito foi mais pronunciado na primeira metade do ciclo.

Na metade final do ciclo, a transpiração, em todos os tratamentos, foi o principal processo de contribuição na ET_c, pois as plantas já cobriam grande parte da superfície do solo, conforme Allen et al. (1998).

Neste período, também o tratamento T15 apresentou maiores valores de evapotranspiração; porém, a diferença com os demais tratamentos foi menos acentuada que na primeira metade do ciclo da cultura, pois neste tratamento, praticamente todo o perfil do solo explorado pelas raízes estavam com umidade próxima à de capacidade de campo.

A evapotranspiração acumulada da cultura da alface dentro da casa de vegetação, nos quatro tratamentos avaliados, é mostrada na Figura 17. Observa-se que as alfaces dos minilísímetros com lençol freático a 0,15 m de profundidade (T15), foram as que consumiram maior quantidade de água, sendo o valor da lâmina evapotranspirada de 105,56 mm. O consumo total de água do tratamento T20 foi de 88,23 mm e os tratamentos T25 e T30 tiveram uma lâmina total evapotranspirada de 71,73 e 66,53 mm, respectivamente.

A evapotranspiração acumulada no tratamento T15 foi maior que a no tratamento T30 em 58,7 %, que corresponde a uma diferença de 39,02 mm. Isto evidencia a grande influência que a profundidade do lençol freático teve na evaporação direta da água do solo, principalmente nos primeiros dias

após transplante, e na transpiração da cultura da alface, por a camada do solo próxima à superfície estar com umidade mais elevada, quando este processo passou a ser a principal parcela de contribuição na evapotranspiração da cultura. Portanto, a transpiração, no final do período vegetativo, foi restringida nos tratamentos com lençol freático mais profundo principalmente nos tratamentos T25 e T30, onde as alfaces apresentaram um menor crescimento vegetativo.

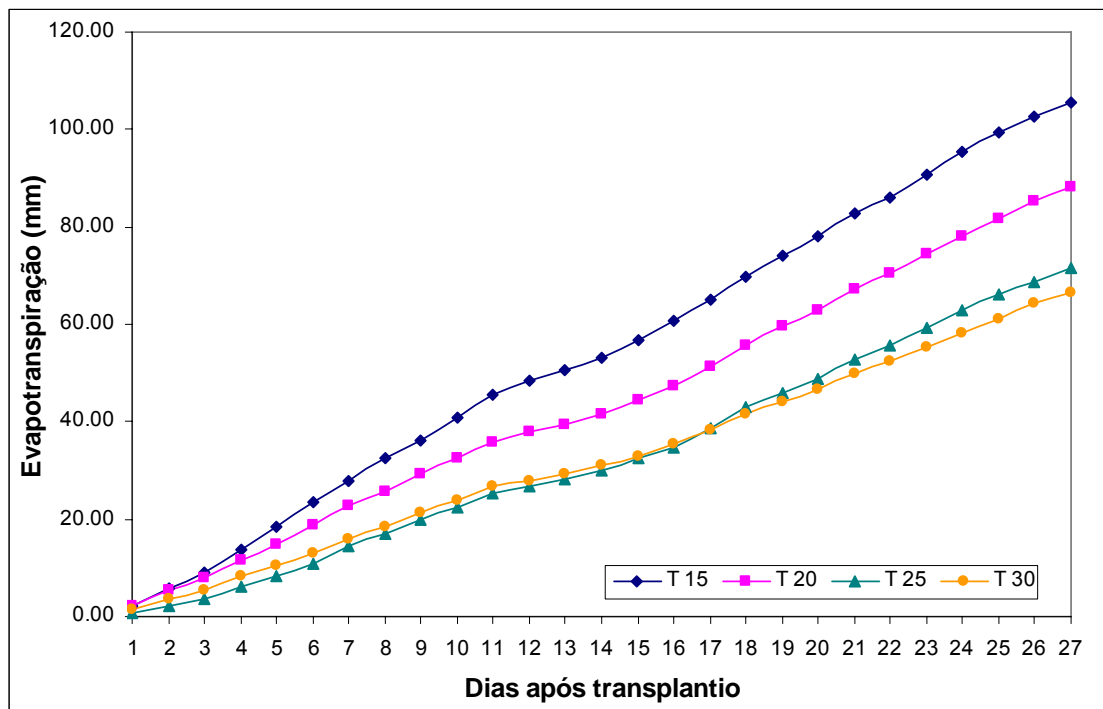


Figura 17 – Evolução da evapotranspiração diária acumulada da cultura da alface para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, na casa de vegetação, no período vegetativo da cultura depois do transplante.

A diferença dos valores de lâmina evapotranspirada nos tratamentos T25 e T30 foi de apenas 5,20 mm. Nestes tratamentos, a franja capilar se encontrava mais profunda e, portanto, as camadas superficiais do solo continham menores teores de água, comparativamente ao T15, o que proporcionou menor evapotranspiração.

4.3.2. Evapotranspiração da cultura fora da casa de vegetação

O comportamento da evapotranspiração da cultura da alface, nas profundidades de lençol freático avaliadas no ambiente externo à casa de vegetação (T15, T20, T25 e T30) é ilustrado na Figura 18. Os valores de ETc correspondem a valores médios diários agrupados em cada três dias durante o período de vegetativo da alface, depois do transplantio.

Os valores diários de evapotranspiração da cultura da alface (ETc), fora da casa de vegetação, são apresentados no Quadro 5A, para as profundidades 0,15; 0,20; 25 e 0,30 m de lençol freático nos minilímetros, definidas como os tratamentos: T15, T20, T25 e T30, respectivamente.

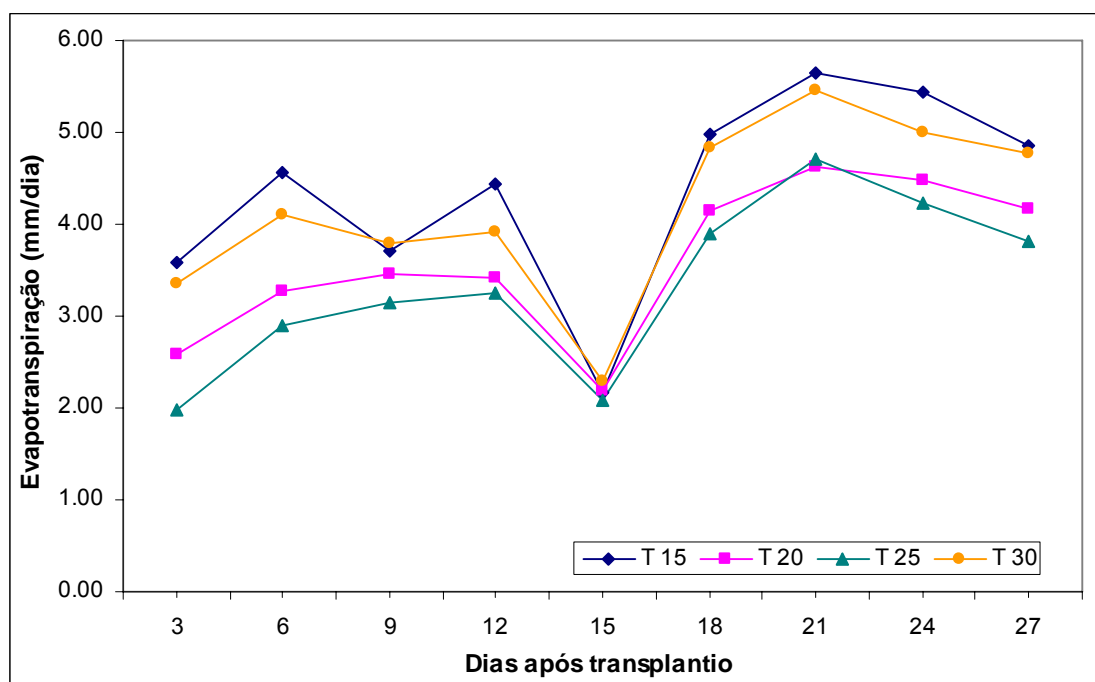


Figura 18 – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura depois do transplantio.

Na Figura 18, observa-se que, praticamente, durante todo o período vegetativo da alface, o tratamento T15 foi o que apresentou os maiores valores de evapotranspiração da cultura (ETc), verificando-se o mesmo comportamento do apresentado no ambiente protegido. Esse

comportamento foi devido a menor profundidade de lençol freático e as camadas superficiais encontrarem-se com umidade próxima à de capacidade de campo, favorecendo a evapotranspiração, tendo a evaporação como a maior parcela de contribuição na ETc no início do período vegetativo, e à transpiração, no final do período.

Embora com lençol freático mais profundo, o tratamento T30 apresentou, nas três repetições, valores de evapotranspiração maiores aos registrados nos tratamentos T20 e T25, durante quase todo o período experimental, diferentemente do ocorrido dentro da casa de vegetação. Os minilísímetros com o tratamento T30 ainda apresentaram valores de ETc maiores aos do tratamento T15, em alguns dias do período. No entanto, o comportamento da evapotranspiração nos diferentes tratamentos fora da casa de vegetação apresentou similaridade na forma e distribuição; porém, as diferenças entre os tratamentos foram menores quando se comparam seus valores (Figura 18) com os obtidos no ambiente protegido (Figura 16).

A evapotranspiração acumulada da cultura (ETc) da alface, fora da casa de vegetação, é ilustrada na Figura 19.

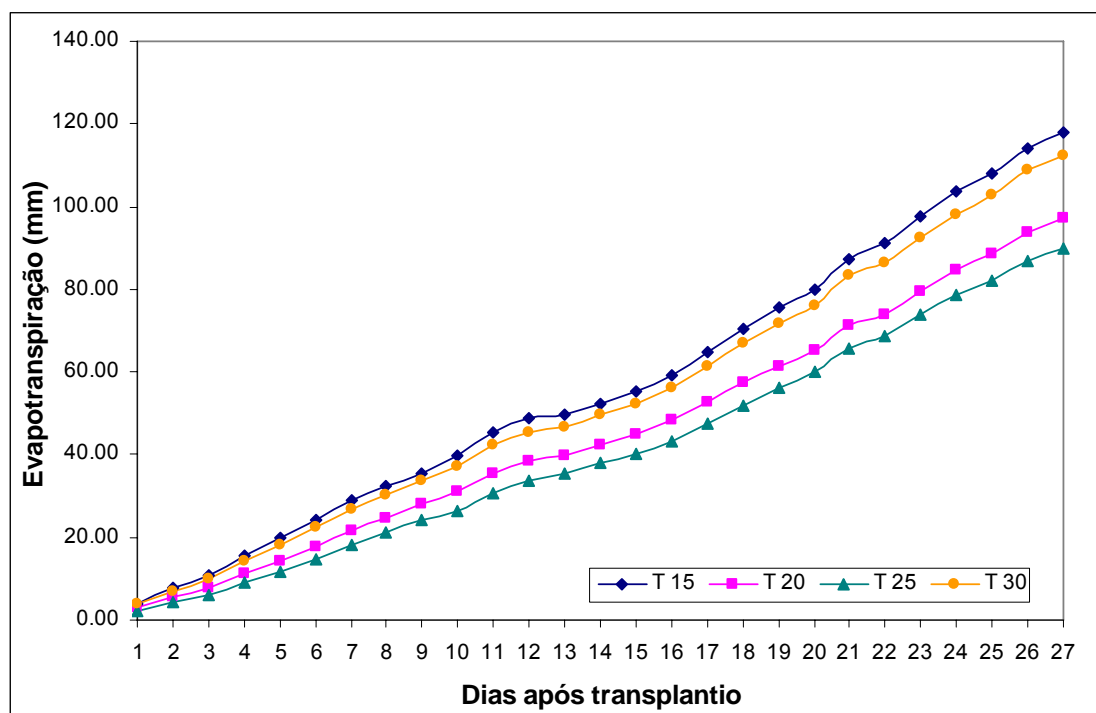


Figura 19 – Evapotranspiração diária acumulada da cultura da alface para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura após transplante.

Observa-se que os valores de evapotranspiração dos tratamentos apresentaram menor diferença entre si, em comparação aos valores no ambiente protegido. Neste caso, a diferença entre o tratamento de maior consumo sazonal de água (T15) e o de menor consumo (T25) foi de apenas 28,09 mm, representando um valor de 31,2 %.

No tratamento T15 ocorreu a maior ETc acumulada com um valor igual a 118,05 mm e no tratamento T25 a ETc acumulada foi de 89,97 mm, sendo aquele tratamento que apresentou a menor lâmina total. Os tratamentos T20 e T30 apresentaram uma lâmina total evapotranspirada de 97,12 e 112,55 mm, respectivamente.

Observando as Figuras 17 e 19, conclui-se que a evapotranspiração sazonal da cultura e, portanto, o consumo total de água foi maior no ambiente externo à casa de vegetação, em todas as profundidades de lençol freático avaliadas, sendo o consumo sazonal 11,8; 10,1; 25,4 e 69,2 % a mais no ambiente externo, quando comparados os tratamentos T15, T20, T25 e T30, respectivamente.

4.3.3. Evapotranspiração da cultura em ambos ambientes

No Quadro 2 é apresentado o resultado do teste de média dos valores de evapotranspiração da cultura (ETc) de alface, dentro e fora da casa de vegetação, nas quatro profundidades de lençol freático avaliadas (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m, representadas pelos tratamentos T15, T20, T25 e T30, respectivamente) ao longo do período vegetativo da cultura após transplante. Cada valor diário de ETc corresponde ao valor médio obtido das três repetições do tratamento.

A fim de ilustrar os valores de ETc apresentados no Quadro 2, as Figuras 1A, 2A, 3A e 4A mostram, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, respectivamente, o comportamento diário da evapotranspiração da cultura, tanto dentro como fora da casa de vegetação.

De acordo com o teste de média, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, os valores de ETc dentro da casa de vegetação foram menores que os obtidos no ambiente externo, nas quatro profundidades de lençol freático

avaliadas, durante os dias em que existiu diferença significativa entre os dois ambientes.

Observa-se que nos 20 primeiros dias após o transplântio, coincidente com os dois primeiros estádios de desenvolvimento da cultura, praticamente não existiu diferença significativa entre os valores de ETc, quando avaliadas as duas condições ambientais, principalmente nos tratamentos T15, T20, T25. No tratamento T30, este comportamento foi até o dia 16 após o transplântio, com exceção dos dias 1, 4 e 11.

A partir do dia 21 até o 27, coincidente, praticamente, com a última fase de desenvolvimento vegetativo da cultura, a diferença dos valores de ETc nos dois tipos de ambiente foi significativa na maior parte dos dias, sendo a evapotranspiração da cultura menor no ambiente protegido, nas quatro profundidades de lençol freático avaliadas (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m).

Os maiores valores de ETc no ambiente externo à casa de vegetação, principalmente, nos últimos dias do período vegetativo, foi devido ao aumento do processo transpiratório da cultura, que apresentava maior área exposta à ação do vento e da radiação solar incidente. Por outro lado, dentro da casa de vegetação, além das condições ambientais serem favoráveis para o maior desenvolvimento da cultura, a diferença de pressão de vapor entre a superfície evaporante e o ambiente circundante era menor em comparação ao ambiente externo, refletindo na menor evapotranspiração da cultura.

Quadro 2 – Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) de alface, em mm/dia, para as respectivas combinações de profundidade de lençol freático: 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m (tratamentos: T15, T20, T25 e T30, respectivamente) e ambiente: dentro (Amb. 1) e fora (Amb. 2) da casa de vegetação, nos 27 dias após transplântio (DAT)

DAT	ETc (T15)		ETc (T20)		ETc (T25)		ETc (T30)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
1	2,23B	4,07A	2,23A	3,13A	0,87A	2,13A	1,50B	3,77A
2	3,67A	3,63A	3,03A	2,40A	1,25A	2,03A	2,10A	3,20A
3	3,23A	3,03A	2,63A	2,23A	1,57A	1,77A	1,83A	3,07A
4	4,70A	4,73A	3,57A	3,57A	2,57A	3,17A	2,73B	4,37A
5	4,67A	4,37A	3,23A	3,07A	1,93A	2,60A	2,37A	3,90A
6	4,90A	4,57A	4,00A	3,20A	2,50A	2,90A	2,50A	4,03A
7	4,47A	4,40A	3,90A	3,93A	3,90A	3,70A	3,00A	4,35A
8	4,53A	3,43A	3,00A	3,20A	2,35A	2,93A	2,50A	3,50A
9	3,70A	3,30A	3,55A	3,27A	2,95A	2,80A	2,77A	3,55A
10	4,87A	4,13A	3,30A	3,00A	2,50A	2,53A	2,43A	3,45A
11	4,50A	5,90A	3,20A	4,60A	2,77A	4,30A	2,83B	5,30A
12	3,00A	3,30A	2,27A	2,67A	1,63A	2,90A	1,40A	3,00A
13	1,97A	0,93A	1,57A	1,40A	1,23A	1,63A	1,17A	1,35A
14	2,87A	2,67A	2,20A	2,77A	1,97A	2,50A	1,80A	2,75A
15	3,36A	2,90A	2,60A	2,40A	2,37A	2,13A	2,13A	2,80A
16	4,13A	3,87A	2,95A	3,50A	2,43A	3,13A	2,27A	3,80A
17	4,28A	5,43A	3,95A	4,53A	5,10A	5,43A	2,80B	5,20A
18	4,70A	5,63A	4,45A	4,40A	4,50A	4,27A	3,43B	5,50A
19	4,43A	5,17A	4,05A	4,10A	2,87A	4,33A	2,60B	4,90A
20	4,00A	4,53A	3,23A	3,87A	2,90A	4,00A	2,40B	4,33A
21	4,64B	7,23A	4,35B	5,92A	3,72B	5,80A	3,21B	7,11A
22	3,19A	3,88A	3,22A	2,93A	3,02A	2,93A	2,61A	3,25A
23	4,53B	6,33A	3,95B	5,48A	3,64B	5,06A	2,74B	5,96A
24	4,73B	6,08A	3,58B	5,03A	3,49A	4,73A	3,15B	5,78A
25	4,13A	4,34A	3,73A	3,81A	3,41A	3,60A	2,86B	4,44A
26	3,28B	6,07A	3,57B	5,21A	2,46B	4,71A	3,05B	6,02A
27	2,85B	4,13A	2,92A	3,51A	3,03A	3,10A	2,35B	3,87A

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha para cada profundidade de lençol freático não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4. Coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado

4.4.1. Coeficiente de ajuste dentro da casa de vegetação

A Figura 20 ilustra o comportamento dos valores médios do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupados em cada três dias, para os quatro tratamentos avaliados dentro da casa de vegetação (T15, T20, T25 e T30), obtidos pela relação entre a ET_c , medida nos minilicímetros de lençol freático constante instalados na casa de vegetação, e a ET_o , calculada com os elementos meteorológicos registrados no ambiente protegido, por meio da equação padrão de Penman-Monteith.

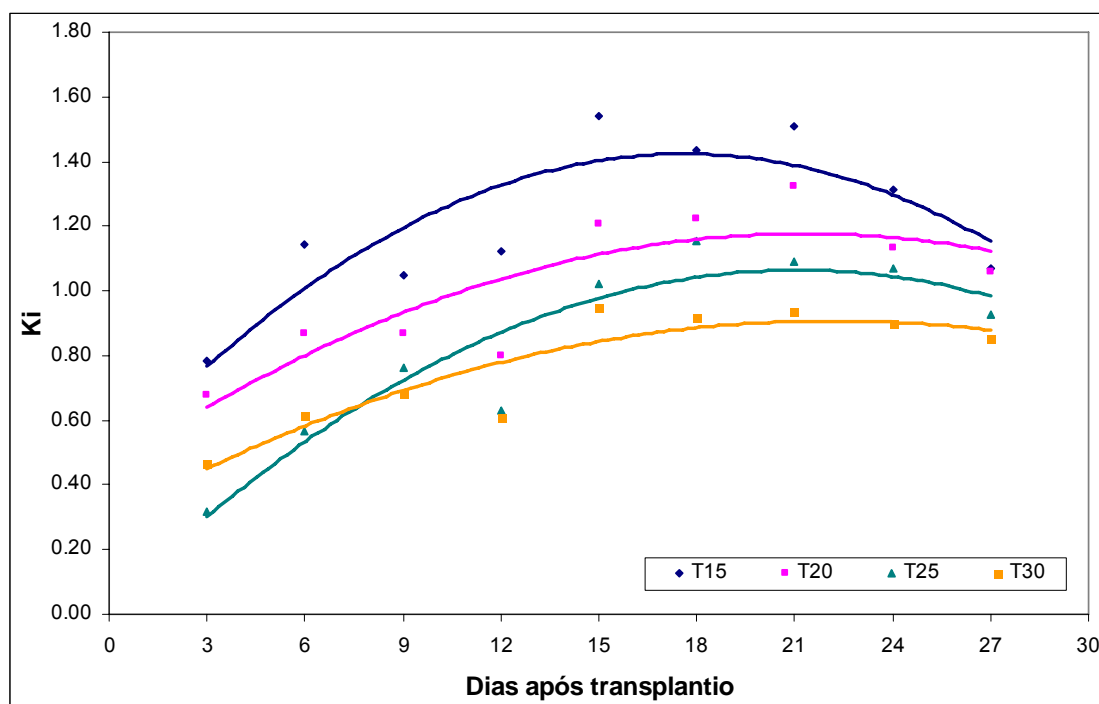


Figura 20 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, na casa de vegetação, no período vegetativo da cultura após o transplante.

O comportamento dos valores médios de K_i , agrupados em cada três dias, é representado por meio de equações de regressão polinomiais de segunda ordem, apresentadas no Quadro 3, com seus respectivos valores

de coeficiente de determinação (R^2), para cada tratamento. A variável independente está representada pelos dias após o transplântio (d).

Quadro 3 – Equações de regressão ajustadas dos valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, na casa de vegetação, no período vegetativo da cultura após o transplântio.

Tratamentos	Equações Ajustadas	R^2
T15	$K_i = -0,0031d^2 + 0,1084d + 0,4693$	0,7532
T20	$K_i = -0,0016d^2 + 0,0685d + 0,4471$	0,7261
T25	$K_i = -0,0023d^2 + 0,0982d + 0,0278$	0,8748
T30	$K_i = -0,0012d^2 + 0,0552d + 0,2957$	0,8261

O tratamento T15 foi o que apresentou os maiores valores de K_i (Figura 20), seguidos pelos tratamentos T20, T25 e T30, respectivamente, observando-se este comportamento durante quase todo o período experimental, com exceção nos primeiros dias, onde os valores de K_i do tratamento T30 foram maiores que os do tratamento T25.

Os valores médios diários do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado, para cada tratamento avaliado dentro da casa de vegetação, durante o período vegetativo após o transplântio, estão apresentados no Quadro 6 A.

Na cultura da alface, a fase vegetativa, representada por três estádios de desenvolvimento, permite a produção de folhas para comércio e consumo. O quarto estádio representa a fase reprodutiva, sem interesse comercial para a produção de folhas; portanto, a colheita de cabeças comerciais é feita no final do terceiro estádio. A delimitação dos três estádios de desenvolvimento vegetativo da alface, dentro da casa de vegetação, foi realizada de acordo ao critério de porcentagem de cobertura da planta no solo.

A duração dos estádios de desenvolvimento foi igual nos quatro tratamentos, devido a que no primeiro e segundo estádios, as porcentagens

de cobertura da planta no solo, obtidas por meio de imagens fotográficas dos tratamentos, apresentavam, em média, valores muito próximos. As diferenças de tamanho no desenvolvimento da cultura foram manifestadas no último estágio de desenvolvimento, que teve duração de nove dias, período em que as alfaces atingiram o seu maior tamanho nos quatro tratamentos avaliados.

O ciclo vegetativo da cultura, no ambiente protegido, foi de 27 dias, delimitados em 5, 13 e 9 dias, correspondentes ao primeiro, segundo e terceiro estágio, respectivamente. Faccioli (1998) obteve período vegetativo da alface de 39 dias, com 6, 16 e 17 dias, para os estádios I, II, e III, respectivamente, em casa de vegetação e nas condições edafoclimáticas de Viçosa, durante os dias 12/05/97 e 17/06/97. A maior duração do ciclo encontrado por Faccioli (1998) se deve a diferença de variedade e, sobretudo, de época de cultivo, que foi no outono, onde as temperaturas são menores e os dias mais curtos, condições que alongam o ciclo vegetativo. Já Barros Júnior et al. (2004), Trani et al. (2006) e Oliveira et al. (2006), realizaram a colheita aos 27, 28 e 25 dias após o transplante, determinando as características de produção da alface em condições de ambiente protegido.

Para determinar os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, em cada estágio de desenvolvimento vegetativo, foi obtida a média dos valores de K_i médios diários correspondentes a cada estágio. Estes valores são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, por estágio de desenvolvimento vegetativo, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, dentro da casa de vegetação, durante o período experimental.

Estádio	K_i (T15)	K_i (T20)	K_i (T25)	K_i (T30)
I	0,93	0,74	0,41	0,53
II	1,27	1,02	0,87	0,77
III	1,30	1,17	1,03	0,90

O tratamento T15 apresentou os maiores valores de K_i nos três estádios de desenvolvimento da alface, em comparação aos tratamentos T20, T25 e T30. Este comportamento foi devido aos altos valores de ET_c registrados neste tratamento (Figura 16).

Os menores valores de K_i foram obtidos no tratamento T30, a exceção do primeiro estádio, onde o tratamento T25 apresentou menor valor. Este resultado reflete o comportamento da ET_c neste dois tratamentos, nos dias iniciais do período vegetativo.

O solo explorado pelas raízes da cultura transplantada nos minilísimetros do tratamento T15 encontrava-se na condição potencial, ou seja, o perfil do solo apresentava umidade próxima à de capacidade de campo, devido que a franja capilar estava próxima à superfície, em decorrência da menor profundidade de lençol freático (0,15 m), favorecendo o aumento do teor de água nas camadas superficiais do solo. Nestas condições, o valor do coeficiente de déficit de água no solo (K_s) foi unitário durante todo o período vegetativo da alface. Portanto, os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) encontrados para o tratamento T15 representam os valores do coeficiente de cultura (K_c).

Os valores do coeficiente de cultura da alface no primeiro e segundo estádios, no tratamento T15, foram superiores aos encontrados por Faccioli (1998). Este autor encontrou valores de 0,51 e 1,00, para o primeiro e segundo estádios, respectivamente, determinados em lisímetros de lençol freático constante dentro de casa de vegetação, nas condições edafoclimáticas de Viçosa - MG. No terceiro estádio, o valor encontrado pelo autor foi de 1,55, superior ao determinado no presente estudo.

4.4.2. Coeficiente de ajuste fora da casa de vegetação

No ambiente externo à casa de vegetação, os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface foram calculados dividindo-se os valores de ET_c , medida nos minilísimetros de lençol freático constante, e a ET_o , calculada com os elementos meteorológicos registrados neste ambiente, por meio da equação padrão de

Penman-Monteith. No Quadro 7A estão apresentados os valores médios diários do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (K_i), para cada tratamento avaliado fora da casa de vegetação, durante o período vegetativo após o transplântio.

Na Figura 21 é ilustrado o comportamento do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (K_i) para a cultura da alface, obtido a partir de valores diários médios, agrupado em cada três dias, para os tratamentos avaliados no ambiente externo à casa de vegetação (T15, T20, T25 e T30).

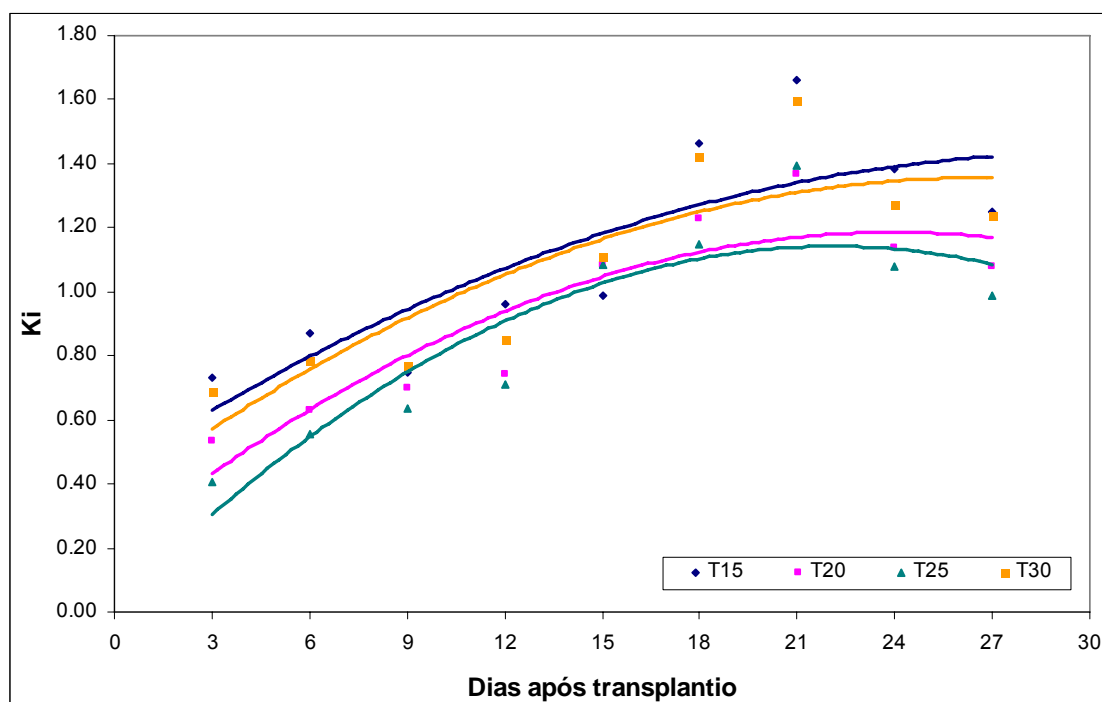


Figura 21 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura após o transplântio.

No Quadro 5 observa-se as equações de regressão ajustadas, do tipo polinomial de segunda ordem, do comportamento dos valores médios de K_i , agrupadas em cada três dias, para cada tratamento. Apresentam-se também os valores de coeficiente de determinação (R^2). A variável independente está representada pelos dias após o transplântio (d).

Quadro 5 – Equações de regressão ajustadas dos valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura após o transplântio.

Tratamentos	Equações Ajustadas	R ²
T15	$K_i = -0,0011d^2 + 0,0653d + 0,4446$	0,6943
T20	$K_i = -0,0017d^2 + 0,0821d + 0,2002$	0,8292
T25	$K_i = -0,0023d^2 + 0,1017d + 0,0200$	0,8283
T30	$K_i = -0,0014d^2 + 0,0744d + 0,3607$	0,7457

Nota-se, na Figura 21, maior proximidade das curvas obtidas para os quatro tratamentos, quando comparada com as curvas da Figura 20. No ambiente externo, a variabilidade dos coeficientes de ajuste do irrigâmetro modificado entre os tratamentos foi menor, refletindo a tendência da evapotranspiração (Figura 18).

O tratamento T15 apresentou, na maior parte do ciclo vegetativo da cultura, os maiores valores de K_i , seguidos pelos tratamentos T30, T20 e T25, respectivamente, sendo este comportamento observado na maior parte do período experimental. Os valores de K_i obtidos no tratamento T30 chegaram, em alguns dias do período, a ser maiores do que os obtidos no tratamento T15, devido a relação direta da ET_c com o K_i .

A delimitação dos três estádios vegetativos da cultura, no ambiente externo à casa de vegetação, foi realizada seguindo-se o mesmo critério aplicado nas condições do ambiente protegido.

O ciclo vegetativo da cultura, no ambiente fora da casa de vegetação, também foi de 27 dias, delimitados em 6, 14 e 7 dias correspondentes ao primeiro, segundo e terceiro estágio, respectivamente. Em ambiente externo à casa de vegetação, nas condições edafoclimáticas de Campinas-SP, durante setembro a novembro, Hamada e Testezlaf (1995) avaliaram a produção da alface, cultivar Floresta, alcançando ciclo de 36 dias após transplântio; já Carvalho et al. (2005) realizaram a colheita da alface, aos 40

dias após o transplântio, trabalhando com a cultivar Regina 2000 em Ji-Paraná-RO, durante março a junho.

No Quadro 6 apresentam-se os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface obtidos no ambiente não protegido, para cada estágio de desenvolvimento vegetativo, nos quatro tratamentos.

Quadro 6 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, por estágio de desenvolvimento vegetativo, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação, durante o período experimental.

Estádio	K_i (T15)	K_i (T20)	K_i (T25)	K_i (T30)
I	0,80	0,58	0,48	0,74
II	1,12	0,99	0,96	1,11
III	1,39	1,16	1,09	1,33

Devido aos valores próximos de evapotranspiração da cultura, obtidos nos tratamentos T15 e T30, observa-se também similaridade nos valores de K_i , para cada um dos estágios de desenvolvimento.

Ao igual que no ambiente protegido, os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) encontrados para o tratamento T15, nas condições de ambiente externo à casa de vegetação, representam os valores do coeficiente de cultura (K_c), devido que o solo explorado pelas raízes da cultura transplantada nos minilísímetros encontrava-se na condição potencial, ou seja, o perfil do solo, em todo o período vegetativo da cultura, apresentava umidade próxima à de capacidade de campo ($K_s=1$), devido à menor profundidade de lençol freático (0,15 m), o que favorecia o aumento do teor de água nas camadas superficiais do solo.

No ambiente protegido, os valores do coeficiente de cultura (K_c), do tratamento T15, calculados para o primeiro e segundo estágio de desenvolvimento foram superiores aos determinados nas condições de ambiente externo; já no terceiro estágio de desenvolvimento, o valor de K_c

foi inferior no ambiente protegido, quando comparado com o valor do ambiente externo.

Nos tratamentos T25 e T30, os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) foram superiores no ambiente externo, quando comparado com os valores do ambiente protegido, em todos os estádios de desenvolvimento. Pelo contrario, no tratamento T20, os valores de K_i foram inferiores no ambiente externo, em todos os estádios do período vegetativo.

4.4.3. Coeficiente de ajuste dentro da casa de vegetação, usando a E_{To} do ambiente externo

A Figura 22 ilustra o comportamento dos valores médios do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, agrupados em cada três dias para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, obtidos pela relação entre a E_{Tc} , medida nos minilímetros de lençol freático constante instalados na casa de vegetação, e a E_{To} , calculada com os elementos meteorológicos registrados no ambiente externo, por meio da equação padrão de Penman-Monteith.

O comportamento dos valores médios de K_i , agrupadas em cada três dias, é representado por meio de equações de regressão polinomiais de segunda ordem, apresentadas no Quadro 7. Observam-se também os valores de coeficiente de determinação (R^2), para cada tratamento. A variável independente, nas equações, está representada pelos dias após o transplântio (d).

A finalidade de se obter valores de K_i calculados com os dados de E_{To} do ambiente externo é de realizar o manejo da irrigação em casa de vegetação, com os elementos meteorológicos registrados em campo.

No Quadro 8A estão apresentados os valores médios diários do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado para a cultura da alface, dentro da casa de vegetação, para cada tratamento avaliado, calculados com os valores de E_{To} do ambiente externo, durante o período vegetativo após o transplântio.

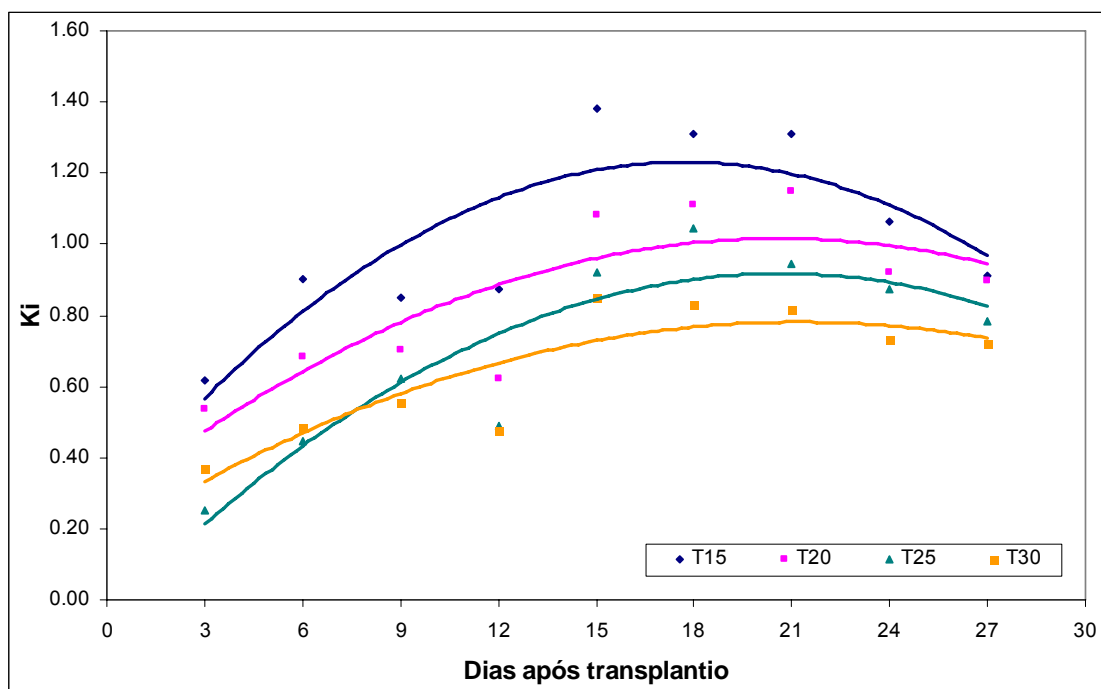


Figura 22 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (Ki) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, dentro da casa de vegetação, usando a ETo do ambiente externo, no período vegetativo da cultura após o transplante.

Quadro 7 – Equações de regressão ajustadas dos valores do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (Ki) para a cultura da alface, agrupada em cada três dias, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, dentro da casa de vegetação, usando a ETo do ambiente externo, no período vegetativo da cultura após o transplante.

Tratamentos	Equações Ajustadas	R ²
T15	$Ki = -0,0031d^2 + 0,1086d + 0,2690$	0,7160
T20	$Ki = -0,0017d^2 + 0,0721d + 0,2732$	0,6831
T25	$Ki = -0,0023d^2 + 0,0934d + 0,0471$	0,8312
T30	$Ki = -0,0013d^2 + 0,0572d + 0,1741$	0,7645

Na determinação dos valores do coeficiente de ajuste do irrigômetro modificado (Ki) para a cultura da alface, em cada estágio de desenvolvimento vegetativo, foi obtida a média dos valores de Ki médios diários correspondentes a cada estágio, com os valores de ETo calculados

para o ambiente externo. Estes resultados são apresentados no Quadro 8. Como mencionado anteriormente, o ciclo vegetativo da alface dentro da casa de vegetação foi delimitado em 5, 13 e 9 dias, correspondentes ao primeiro, segundo e terceiro estágio, respectivamente.

Quadro 8 – Valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) para a cultura da alface, por estágio de desenvolvimento vegetativo, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, dentro da casa de vegetação, usando a E_{To} do ambiente externo, durante o período experimental.

Estádio	K_i (T15)	K_i (T20)	K_i (T25)	K_i (T30)
I	0,74	0,59	0,33	0,42
II	1,09	0,87	0,75	0,66
III	1,09	0,99	0,87	0,76

Devido que os valores de E_{To} do ambiente externo foram superiores aos da casa de vegetação, nos 27 dias do ciclo vegetativo, os valores de K_i , calculados com a E_{To} externa, nas condições do ambiente protegido foram menores nos três estádios dos quatro tratamentos avaliados, quando comparados com os valores de K_i no ambiente protegido, calculados com a E_{To} deste ambiente.

Como observado no Quadro 8, os valores de K_i foram maiores no tratamento T15 em comparação aos demais tratamentos, em todos os estádios da cultura, comportamento similar quando obtidos os valores de K_i dentro da casa de vegetação com E_{To} deste ambiente (Quadro 4).

Pela condição potencial do solo explorado pelas raízes da cultura transplantada nos minilísimos do tratamento T15, os valores do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (K_i) representam os valores do coeficiente de cultura (K_c), devido a que o solo, em todo o período vegetativo, apresentava umidade próxima à de capacidade de campo ($K_s=1$), pela menor profundidade de lençol freático.

4.5. Características de produção da cultura de alface

O resultado do teste de média, das variáveis de produção amostradas para cada tratamento, nas duas condições ambientais avaliadas, é apresentado no Quadro 9. Os valores de cada combinação profundidade-ambiente, em cada uma das variáveis, correspondem ao valor médio obtido das unidades experimentais de cada tratamento.

Os valores médios das características de produção obtidas na colheita, em cada unidade experimental, tanto dentro como fora da casa de vegetação, estão apresentados no Quadro 9A e 10A, respectivamente.

De acordo com o resultado do teste de médias, a massa fresca da cabeça (MFCb), no tratamento T15, apresentou diferença significativa, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, quando comparado os dois tipos de ambiente. No ambiente protegido, a massa fresca da cabeça foi 27,86% maior em comparação ao ambiente externo. Nos demais tratamentos (T20, T25 e T30), a massa fresca da cabeça, comparando-se os dois ambientes, foi estatisticamente igual.

Em experimento com três cultivares de alface conduzido em três ambientes: com agrotêxtil na forma de túneis, com agrotêxtil diretamente sobre as plantas e sem proteção, Oliveira et al. (2006) obtiveram, pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade, maior massa fresca da cabeça no ambiente com agrotêxtil na forma de túnel, em todas as cultivares. Em experimento similar, Radin et al. (2004) trabalhando com três cultivares de alface conduzidas em estufa e campo e realizando medidas semanais após transplântio, obtiveram aumento, em todas as cultivares, da massa da matéria fresca e também da massa seca, área foliar e área foliar específica, dentro do ambiente protegido.

A área foliar (AF) e área foliar específica (AFE), no tratamento T15, apresentaram diferença significativa, quando comparados os dois tipos de ambiente, sendo encontrados os maiores valores dentro da casa de vegetação. Nos tratamentos T20, T25 e T30, essas variáveis de produção foram estatisticamente iguais nos dois ambientes. Dentro da casa de vegetação, a área foliar foi 41,54% maior em comparação ao ambiente externo, quando mantido um lençol freático de 0,15 m.

No ambiente externo, as folhas do tratamento T15 apresentaram, em média, maior espessura em comparação às do ambiente protegido, devido ao menor valor de área foliar específica e por que não foi encontrada, em todos os tratamentos, diferença significativa na massa seca das folhas (MSF), quando comparados os dois tipos de ambientes.

Com referência ao número de folhas por planta (NF), os valores dentro da casa de vegetação foram maiores que os do ambiente externo, existindo diferença significativa, quando avaliados os tratamentos T15, T20 e T25; já no tratamento T30, o número de folhas foi estatisticamente igual nos dois tipos de ambiente. Esses resultados estão em concordância com os de Radin et al. (2004) que obtiveram maior número de folhas por planta dentro do ambiente protegido, em três cultivares avaliadas. No entanto, Barros Junior et al. (2004) não encontraram diferença significativa no número de folhas por planta, quando avaliados três tipos de cobertura: agrotêxtil 13g/m², agrotêxtil 40g/m² e sem cobertura.

Observa-se que, dentro da casa de vegetação, nos tratamentos T15, T20, T25 e T30, foram registrados os maiores valores de largura da folha (LF), em comparação aos encontrados no ambiente externo, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Observa-se também que, em todos os tratamentos, o comprimento da folha (CF) não apresentou diferença significativa entre os dois ambientes. Portanto, as alfaces dentro da casa de vegetação apresentaram forma mais arredondada, devido a que a razão comprimento-largura da folha (CF/LF) apresentou, em todos os tratamentos, maiores valores no ambiente externo. Menor razão CF/LF é indicativo de condições ambientais mais favoráveis à cultura, pois condições de estresse, assim como a passagem para a fase reprodutiva, elevam esta razão (ABAURRE, 2004).

No tratamento T15, a massa fresca (MFC), a massa seca (MSC) e o comprimento do caule (CC) apresentaram diferenças significativas, pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade, quando analisados os dois tipos de ambiente, sendo registrados os maiores valores dentro da casa de vegetação. Nos demais tratamentos não houve diferença significativa. Maiores valores de comprimento de caule são indicativos de passagem para a fase reprodutiva, o que ocorre sob condições de estresse e /ou após

alcançar o máximo crescimento vegetativo. Portanto, considerando que nesse tratamento as plantas não estavam sob condições estressantes, poderá ser deduzido que o ciclo foi acelerado, ou seja, as plantas foram mais precoces.

Além das variáveis massa seca das folhas (MSF) e comprimento da folha (CF), não foi encontrada diferença significativa entre os dois tipos de ambiente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, também para a massa fresca da raiz (MFR), a massa seca da raiz (MSR), o diâmetro do caule (DC), o volume do caule (VC) e o volume da raiz (VR), nos tratamentos T15, T20, T25 e T30.

Os efeitos das quatro profundidades de lençol freático (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m), nas características de produção avaliadas, estão apresentadas no Quadro 10 por meio de equações de regressão ajustadas para a massa fresca da cabeça (MFCb), a massa fresca do caule (MFC), a área foliar (AF), o número de folhas por planta (NF), o comprimento da folha (CF), a largura da folha (LF), o comprimento do caule (CC), a massa seca das folhas (MSF) e a massa seca do caule (MSC), tanto dentro com fora da casa de vegetação.

Observa-se que as equações de regressão, para as condições de ambiente protegido, apresentam um coeficiente de determinação maior do que apresentado pelas equações do ambiente externo, em todas as variáveis de produção estudadas. Isto explica que, dentro da casa de vegetação, a variabilidade nas características de produção da cultura é melhor explicada, em comparação ao ambiente externo, pelo efeito das variações nas profundidades do lençol freático.

As regressões para as profundidades de lençol freático avaliadas (0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m), dentro e fora da casa de vegetação, não tiveram efeito significativo nas seguintes variáveis de produção: massa fresca da raiz (MFR), razão comprimento e largura da folha (CF/LF), diâmetro do caule (DC), volume do caule (VC), volume da raiz (VR), massa seca da raiz (MSR) e área foliar específica (AFE). Portanto, o comportamento destas variáveis foi representado por seu valor médio (Quadro 11).

Quadro 9 – Valores médios das variáveis massa fresca da cabeça (MFCb), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca do caule (MFC), área foliar (AF), número de folhas por planta (NF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), razão comprimento e largura da folha (CF/LF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), volume do caule (VC), volume da raiz (VR), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e área foliar específica (AFE), para as respectivas combinações de profundidade de lençol freático, em cm, e ambiente: dentro (Amb. 1) e fora (Amb. 2) da casa de vegetação.

Profundidade	MFCb (g/planta)		MFR (g/planta)		MFC (g/planta)		AF (cm ² /planta)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
15	409,04A	319,91B	12,62A	12,05A	58,99A	38,19B	9116,09A	6440,63B
20	343,42A	318,59A	12,08A	14,77A	42,11A	41,53A	7176,55A	6525,02A
25	332,42A	304,61A	10,90A	13,15A	39,91A	35,43A	7293,01A	6103,32A
30	328,83A	309,04A	11,58A	11,78A	41,91A	34,70A	7047,73A	6480,75A

Profundidade	NF		CF (cm)		LF (cm)		CF/LF	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
15	51A	41B	24,52A	22,93A	15,95A	13,63B	1,54B	1,68A
20	49A	43B	23,01A	22,54A	15,29A	13,66B	1,51B	1,65A
25	47A	41B	22,26A	22,50A	14,61A	13,02B	1,52B	1,73A
30	47A	43A	22,51A	22,34A	14,26A	13,32B	1,58B	1,68A

Profundidade	CC (cm)		DC (cm)		VC (cm ³)		VR (cm ³)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
15	10,95A	7,93B	3,35A	3,08A	50,83A	33,33A	9,67A	7,17A
20	9,35A	8,38A	3,00A	3,22A	39,00A	40,50A	7,50A	8,67A
25	8,75A	7,82A	2,98A	2,98A	36,00A	31,67A	6,67A	8,17A
30	9,23A	7,47A	2,95A	3,05A	39,67A	31,17A	7,67A	6,67A

Profundidade	MSF (g/planta)		MSC (g/planta)		MSR (g/planta)		AFE (cm ² /g/planta)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 1	Amb. 2
15	9,98A	8,80A	2,67A	1,74B	1,23A	0,98A	914,19A	732,23B
20	9,29A	8,37A	2,06A	1,83A	1,05A	1,08A	770,72A	787,86A
25	8,97A	8,18A	1,94A	1,58A	1,03A	1,09A	812,87A	746,17A
30	8,88A	8,33A	2,00A	1,68A	1,16A	0,93A	795,13A	777,00A

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha para cada variável não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 10 – Equações de regressão ajustadas das variáveis massa fresca da cabeça (MFCb), massa fresca do caule (MFC), área foliar (AF), número de folhas por planta (NF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do caule (CC), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), em função das profundidades de lençol freático (P), em cm, para os respectivos ambientes, dentro (Amb. 1) e fora (Amb. 2) da casa de vegetação.

Variável	Ambiente	Equações Ajustadas	R ²
MFCb (g)	Amb. 1	$y = (P - 12,5699)/(0,0031 * P - 0,0412)$	0,9998
	Amb. 2	$y = 299,8385 + 64,0826 * \exp(-0,0740 * P)$	0,8291
MFC (g)	Amb. 1	$y = 40,9334 + 90268,3446 * \exp(-0,5678 * P)$	0,9955
	Amb. 2	$y = 44,9118 - 0,3311 * P$	0,6895
AF (cm ²)	Amb. 1	$y = (P - 14,6580)/(0,0001 * P - 0,0021)$	0,9951
	Amb. 2	$y = 6523,0310 - 6,0268 * P$	0,2021
NF	Amb. 1	$y = 46,0863 + 27,9799 * \exp(-0,1200 * P)$	0,9906
	Amb. 2	$y = (P - 24,9998)/(0,0236 * P - 0,5897)$	0,6319
CF (cm)	Amb. 1	$y = 22,3250 + 111,3715 * \exp(-0,2615 * P)$	0,9871
	Amb. 2	$y = 22,3277 + 8,2461 * \exp(-0,1751 * P)$	0,9817
LF (cm)	Amb. 1	$y = 12,6766 + 6,9435 * \exp(-0,0499 * P)$	0,9976
	Amb. 2	$y = 13,0138 + 2,4016 * \exp(-0,0853 * P)$	0,6991
CC (cm)	Amb. 1	$y = 8,9992 + 656,2490 * \exp(-0,3877 * P)$	0,9742
	Amb. 2	$y = 8,7850 - 0,0393 * P$	0,6711
MSF (g)	Amb. 1	$y = 8,7871 + 17,4047 * \exp(-0,1789 * P)$	0,9995
	Amb. 2	$y = 8,2588 + 130,7935 * \exp(-0,3656 * P)$	0,9673
MSC (g)	Amb. 1	$y = 1,9667 + 444,8027 * \exp(-0,4299 * P)$	0,9961
	Amb. 2	$y = 1,1911 + 0,7478 * \exp(-0,0166 * P)$	0,5395

Quadro 11 – Valores médios das variáveis: massa fresca da raiz (MFR), razão comprimento e largura da folha (CF/LF), diâmetro do caule (DC), volume do caule (VC), volume da raiz (VR), massa seca da raiz (MSR) e área foliar específica (AFE), para os respectivos ambientes, dentro (Amb. 1) e fora (Amb. 2) da casa de vegetação.

Variável	Ambiente	Equações Ajustadas	R ²
MFR (g)	Amb. 1	$y = 11,80$	-
	Amb. 2	$y = 12,94$	-
CF/LF	Amb. 1	$y = 1,54$	-
	Amb. 2	$y = 1,68$	-
DC (cm)	Amb. 1	$y = 3,07$	-
	Amb. 2	$y = 3,08$	-
VC (cm ³)	Amb. 1	$y = 41,38$	-
	Amb. 2	$y = 34,17$	-
VR (cm ³)	Amb. 1	$y = 7,88$	-
	Amb. 2	$y = 7,67$	-
MSR (g)	Amb. 1	$y = 1,12$	-
	Amb. 2	$y = 1,02$	-
AFE (cm ² /g)	Amb. 1	$y = 823,23$	-
	Amb. 2	$y = 760,82$	-

4.6. Eficiência de uso da água

O Quadro 12 apresenta valores de eficiência de uso de água obtidos nos tratamentos, nos dois ambientes. Observa-se que o cultivo dentro da casa de vegetação propiciou melhores eficiências de uso de água que o cultivo em ambiente externo, dado pelas melhores produtividades de massa verde e menores lâminas aplicadas. De forma geral, a eficiência de uso de

água aumentou com a profundidade do lençol freático. Este comportamento pode ser explicado pela menor perda de água por evaporação direta nos minilímetros com lençóis mais profundos e também a menor transpiração nestes mesmos minilímetros pela menor umidade do solo explorado pelas raízes, à exceção do tratamento T30 do ambiente fora da casa de vegetação, onde, de maneira inexplicável, a eficiência de uso de água decresceu em relação ao tratamento T25. Aventou-se a possibilidade de vazamentos na rede hidráulica deste tratamento, mas os resultados, em todas as repetições, mostraram que o consumo de água neste tratamento era sempre maior que os apresentados nos tratamentos T25 e T20, tornando esta possibilidade pouco provável.

Quadro 12 – Eficiência de uso da água (EUA) nos tratamentos T15, T20, T25 e T30, nos duas condições ambientais: dentro (protegido) e fora (não protegido) da casa de vegetação.

Ambiente	Tratamento	MFCb ---- g ----	Lâmina de irrigação ----- mm -----	EUA - g/mm - - Kg/m ³ -	
Protegido	T15	409,04	105,56	3,87	62,0
	T20	343,42	88,23	3,89	62,3
	T25	332,42	71,73	4,63	74,1
	T30	328,83	66,53	4,94	79,1
Não protegido	T15	319,91	118,05	2,71	43,4
	T20	318,59	97,12	3,28	52,5
	T25	304,61	89,97	3,39	54,2
	T30	309,04	112,55	2,75	43,9

O tratamento de melhor eficiência de uso de água foi o T30, do ambiente protegido, com 4,94 gramas de matéria fresca por mm de água (79,1 kg/m³) mostrando que nesta profundidade as perdas por evapotranspiração são menores, otimizando o consumo de água, porém com menores produtividades de matéria fresca. Neste tratamento de melhor eficiência de uso de água, o volume de água para se produzir um pé de alface foi de 4,16 L ou um consumo de 665,3 m³/ha.

O tratamento T15 fora da casa de vegetação apresentou a menor eficiência de uso da água, com uma produção 2,71 gramas de matéria fresca por mm de água ($43,4 \text{ kg/m}^3$), observando-se as maiores perdas por evapotranspiração nesta profundidade. Já no ambiente protegido, nesta mesma profundidade de lençol freático, observa-se eficiência maior, quando comparada com o ambiente externo, produzindo-se 3,87 gramas por mm de água ($62,0 \text{ kg/m}^3$), além da produção de massa fresca da cabeça ser também maior.

5 - CONCLUSÕES

A evapotranspiração sazonal da cultura de alface foi menor no ambiente protegido quando comparado com o ambiente externo.

Nas duas condições ambientais, a evapotranspiração da cultura (ETc) diminuiu com a profundidade de lençol freático, com exceção do tratamento T30 do ambiente externo.

Dentro da casa de vegetação, os valores do coeficiente de cultura (Kc) para o primeiro, segundo e terceiro estágio foram de 0,93; 1,27 e 1,30, respectivamente, com um lençol freático mantido a 0,15 m de profundidade.

Fora da casa de vegetação os valores do coeficiente de cultura (Kc) para o primeiro, segundo e terceiro estágio foram de 0,80; 1,12 e 1,39, respectivamente, com um lençol freático mantido a 0,15 m de profundidade.

Usando os valores de ETo obtidos no ambiente externo, os valores do coeficiente de cultura (Kc) dentro da casa de vegetação foram de 0,74; 1,09 e 1,09 para o primeiro, segundo e terceiro estágio, respectivamente, quando mantido um lençol freático a 0,15 m de profundidade.

Não houve diferenças significativas entre massa fresca da cabeça, área folhar, área folhar específica e massa fresca, massa seca e comprimento do caule nos dois ambientes, à exceção do T15 que apresentou maiores valores no ambiente protegido.

O número de folhas por planta e a largura das folhas foram maiores no ambiente protegido, em comparação ao ambiente externo.

A eficiência de uso de água (EUA), de forma geral, aumentou com a profundidade do lençol freático, obtendo-se as maiores eficiências dentro da casa de vegetação.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAURRE, M. E. O. **Crescimento e produção de duas cultivares da alface sob malhas termorrefletoras e difusora no cultivo de verão.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2004. 79 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO, Rome, 1998.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque classe A. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, 1997.

AZEVEDO, B. M. **Evapotranspiração de referência obtida com a razão de Bowen, lisímetro de pesagem e equação de Penman-Monteith utilizando sistemas automáticos.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 1999. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, J. O.; AZEVEDO, P. E.; MEDEIROS, D. C. Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 801-803, 2004.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 86–92, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.: il.

BOAS, R. C. V.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.

BURIOL, G. A.; LUZZA, J.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 1 – avaliação com o uso do tanque classe A e do evaporímetro de Piche. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2001.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 255-259, 2005.

CARVALHO, J. E.; ZANELLA, F.; MOTA, J. H.; LIMA, A. L. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

CASTELLANE, P. D.; NICOLOSI, W. M.; HASEGAWA, M. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal, FCAV/FUNEP, 1990. 261p.:il.

CURI, S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Necessidades hídricas da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) na baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 59-65, 2001.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. FAO Irrigation and drainage paper 24, FAO, Rome, 1977.

FACCIOLI, G. G. **Determinação da evapotranspiração de referência e da cultura da alface em condições de casa de vegetação, em Viçosa, MG**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1998. 85 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTIN, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 2, p. 17-22, 1994.

FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Produção de chicória em função do período de cobertura com tecido de polipropileno. **Horticultura Brasileira**. Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 249-254, 2006

FERNANDES, C.; CORÁ J. E.; ARAÚJO J. A. C. Utilização do tanque classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 46-50, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2005. 412p.:il.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido - cultivos de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17–29, 2007.

HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1201–1209, 1995.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D.; **Sprinkle and trickle irrigation**. Avibook New York, 1990. 652p.

LULU, J.; CASTRO, J. V.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Efeito do microclima na qualidade da uva de mesa 'romana' (A 1105) cultivada sob cobertura plástica. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 422-425, 2005.

MATERÁN F. J. V. **Tecnologia do irrigâmetro® aplicada em minilísímetro e lisímetro com lençol freático constante para determinação da evapotranspiração de referência**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2006. 96 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MATZENUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II - relações com a evaporação do tanque classe "A", com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (K_c) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.: il.

OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M.; **Manual do Irrigâmetro**. Viçosa-MG, 2008. 144p.

OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. S.; SEDIYAMA G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 280-284, 2003.

OLIVEIRA, S. K. L.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; SOUZA, S. R. R. Cultivo da alface com proteção de agrotêxtil em condições de altas temperaturas e luminosidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 112-116, 2006.

OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y.; SÁ, G. D. Utilização do 'não tecido' de polipropileno como proteção da cultura da alface durante o inverno de Ponta Grossa – PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 49-52, 2001.

PEREIRA, A. R.; SANTIAGO, A. V.; MAGGIOTTO, S. R.; FOLEGATTI M. V. Problemas operacionais com lisímetro de pesagem durante a estação chuvosa e em dias secos com rajadas de vento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 51-56, 2002.

PEREIRA, A. V.; OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y. Respostas do feijão-vagem cultivado sob proteção com agrotêxtil em duas densidades de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 564-569, 2003.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.

REZENDE, F. C.; ALVES, D. R. B.; FURLAN, R. A.; PASSOS, K. S.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V. Determinação da evaporação em casa de vegetação utilizando tanque reduzido e atmômetro. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 282-288, 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALAVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 ed. Viçosa, MG, 1999. 359p.:il.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

SANDRI, D.; MATSURAS, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17–29, 2007.

SANTOS, R. F.; BOAS, M. A. V.; KLAR, A. E. Alterações em variáveis agrometeorológicas pelo uso de estufa plástica. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 130–141, 2002.

SENTELHAS, P. C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 1998. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, E. T.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 51-54, 2003.

SOARES, W. R.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento ($K_{c_{ini}}$) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2001.

TAGLIAFERRE C. **Desempenho do irrigâmetro e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; GONÇALVES, C.; MAGGIO, M. A.; GIUSTO, A. B.; VAILATI, M. L. Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 441-445, 2006.

7 - APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Valores diários de temperatura média (T méd.), temperatura máxima (T Max.), temperatura mínima (T mín), umidade relativa média (Ur méd.), e radiação solar média (Rad méd.), registrados dentro da casa de vegetação, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dia	T méd.	T máx.	T mín.	Ur méd.	Rad méd.
			----- °C -----			%	w/m ²
2007	12	25	23,3	32,6	16,3	72	228,6
2007	12	26	23,4	31,7	16,8	71	260,2
2007	12	27	23,9	34,9	16,3	74	210,2
2007	12	28	25,3	34,8	18,6	71	218,0
2007	12	29	24,8	34,8	16,7	68	269,3
2007	12	30	24,1	33,8	16,8	68	260,9
2007	12	31	24,3	37,7	15,6	70	229,3
2008	1	1	24,7	38,0	16,4	72	244,8
2008	1	2	24,3	34,3	17,8	70	233,6
2008	1	3	23,6	32,3	16,1	69	244,8
2008	1	4	22,5	32,2	15,0	71	215,2
2008	1	5	23,1	34,2	14,0	68	205,9
2008	1	6	21,0	24,2	19,2	93	44,5
2008	1	7	22,6	32,6	19,1	84	121,9
2008	1	8	24,0	32,6	18,6	77	142,8
2008	1	9	21,0	30,2	16,5	87	148,7
2008	1	10	22,1	31,1	15,7	83	190,2
2008	1	11	23,5	33,8	18,5	79	200,2
2008	1	12	23,3	31,5	17,2	78	185,8
2008	1	13	23,6	31,2	20,2	78	117,4
2008	1	14	23,7	32,3	18,6	74	208,0
2008	1	15	22,2	32,9	15,5	79	183,7
2008	1	16	22,3	30,7	16,5	75	203,1
2008	1	17	22,9	32,1	16,5	77	176,4
2008	1	18	23,5	31,6	18,1	81	159,7
2008	1	19	25,8	33,2	20,6	74	197,3
2008	1	20	25,5	35,2	19,9	76	196,6

Quadro 2A – Valores diários de temperatura média (T méd.), temperatura máxima (T Max.), temperatura mínima (T mín), umidade relativa média (Ur méd.), velocidade do vento média (Vv méd.) radiação solar média (Rad méd.) e precipitação (Prec.), registrados fora da casa de vegetação, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dia	T méd.	T máx.	T mín.	Ur méd.	Vv méd.	Rad méd.	Prec.
			----- °C -----			%	m/s	w/m ²	mm
2007	12	25	22,1	29,0	16,2	78	0,8	301,8	0,0
2007	12	26	22,4	29,3	16,7	75	1,0	358,3	0,0
2007	12	27	22,5	30,7	16,2	80	0,6	280,9	0,2
2007	12	28	23,7	30,8	18,4	78	0,7	270,5	0,0
2007	12	29	23,2	30,9	16,4	74	0,8	370,2	0,2
2007	12	30	22,6	30,2	16,8	76	1,1	356,6	0,0
2007	12	31	22,5	32,6	15,3	78	0,8	294,0	0,2
2008	1	1	22,9	32,6	15,9	79	0,6	327,5	12,8
2008	1	2	22,6	29,1	17,4	77	0,8	317,3	0,2
2008	1	3	22,2	29,3	16,0	74	1,0	354,4	0,2
2008	1	4	21,3	29,2	14,9	76	0,9	275,2	0,2
2008	1	5	21,8	30,3	14,0	74	0,9	265,5	0,2
2008	1	6	20,4	21,5	19,1	92	0,4	51,6	20,0
2008	1	7	21,1	26,7	19,1	89	0,3	147,3	2,2
2008	1	8	22,4	28,7	18,4	83	0,3	161,5	6,8
2008	1	9	20,0	26,6	16,5	89	0,7	168,0	7,2
2008	1	10	21,2	27,9	15,6	86	0,9	226,1	0,4
2008	1	11	22,6	29,6	18,6	83	0,8	242,2	0,0
2008	1	12	22,5	28,4	17,3	82	0,9	231,8	0,2
2008	1	13	22,5	26,9	20,2	83	0,5	138,6	0,0
2008	1	14	22,4	28,9	18,6	79	0,7	246,7	0,0
2008	1	15	20,6	28,1	15,4	84	0,4	223,4	13,2
2008	1	16	21,2	27,9	16,7	79	0,9	269,7	0,4
2008	1	17	22,2	30,2	16,8	80	1,0	241,0	2,0
2008	1	18	22,4	29,2	18,2	85	0,5	190,7	0,4
2008	1	19	24,7	31,6	20,8	80	0,7	247,8	0,4
2008	1	20	24,2	31,3	20,0	80	0,6	252,3	11,4

Quadro 3A – Valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) registrados dentro (ETo interno) e fora (ETo externo) da casa de vegetação, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dia	ETo interno	ETo externo
			----- mm -----	
2007	12	25	3,81	4,69
2007	12	26	4,22	5,58
2007	12	27	3,61	4,48
2007	12	28	3,78	4,47
2007	12	29	4,47	5,93
2007	12	30	4,28	5,63
2007	12	31	3,94	4,76
2008	1	1	4,24	5,21
2008	1	2	3,94	4,95
2008	1	3	4,00	5,49
2008	1	4	3,53	4,33
2008	1	5	3,43	4,30
2008	1	6	0,96	1,10
2008	1	7	2,25	2,49
2008	1	8	2,59	2,78
2008	1	9	2,57	2,70
2008	1	10	3,21	3,54
2008	1	11	3,46	3,96
2008	1	12	3,19	3,78
2008	1	13	2,20	2,51
2008	1	14	3,52	4,01
2008	1	15	3,12	3,49
2008	1	16	3,35	4,19
2008	1	17	3,03	3,97
2008	1	18	2,83	3,19
2008	1	19	3,49	4,27
2008	1	20	3,51	4,26

Quadro 4A – Valores diários de evapotranspiração da cultura (ETc) da alface, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, medidos dentro da casa de vegetação, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dias	ETc (T15)	ETc (T20)	ETc (T25)	ETc (T30)
			----- mm -----			
2007	12	25	2,23	2,23	0,87	1,50
2007	12	26	3,67	3,03	1,25	2,10
2007	12	27	3,23	2,63	1,57	1,83
2007	12	28	4,70	3,57	2,57	2,73
2007	12	29	4,67	3,23	1,93	2,37
2007	12	30	4,90	4,00	2,50	2,50
2007	12	31	4,47	3,90	3,90	3,00
2008	1	1	4,53	3,00	2,35	2,50
2008	1	2	3,70	3,55	2,95	2,77
2008	1	3	4,87	3,30	2,50	2,43
2008	1	4	4,50	3,20	2,77	2,83
2008	1	5	3,00	2,27	1,63	1,40
2008	1	6	1,97	1,57	1,23	1,17
2008	1	7	2,87	2,20	1,97	1,80
2008	1	8	3,36	2,60	2,37	2,13
2008	1	9	4,13	2,95	2,43	2,27
2008	1	10	4,28	3,95	3,90	2,80
2008	1	11	4,70	4,45	4,50	3,43
2008	1	12	4,43	4,05	2,87	2,60
2008	1	13	4,00	3,23	2,90	2,40
2008	1	14	4,64	4,35	3,72	3,21
2008	1	15	3,19	3,22	3,02	2,61
2008	1	16	4,53	3,95	3,64	2,74
2008	1	17	4,73	3,58	3,49	3,15
2008	1	18	4,13	3,73	3,41	2,86
2008	1	19	3,28	3,57	2,46	3,05
2008	1	20	2,85	2,92	3,03	2,35

Quadro 5A – Valores diários de evapotranspiração da cultura (ETc) da alface para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, medidos fora da casa de vegetação, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dias	ETc (T15)	ETc (T20)	ETc (T25)	ETc (T30)
			----- mm -----			
2007	12	25	4,07	3,13	2,13	3,77
2007	12	26	3,63	2,40	2,03	3,20
2007	12	27	3,03	2,23	1,77	3,07
2007	12	28	4,73	3,57	3,17	4,37
2007	12	29	4,37	3,07	2,60	3,90
2007	12	30	4,57	3,20	2,90	4,03
2007	12	31	4,40	3,93	3,70	4,35
2008	1	1	3,43	3,20	2,93	3,50
2008	1	2	3,30	3,27	2,80	3,55
2008	1	3	4,13	3,00	2,53	3,45
2008	1	4	5,90	4,60	4,30	5,30
2008	1	5	3,30	2,67	2,90	3,00
2008	1	6	0,93	1,40	1,63	1,35
2008	1	7	2,67	2,77	2,50	2,75
2008	1	8	2,90	2,40	2,13	2,80
2008	1	9	3,87	3,50	3,13	3,80
2008	1	10	5,43	4,53	4,27	5,20
2008	1	11	5,63	4,40	4,27	5,50
2008	1	12	5,17	4,10	4,33	4,90
2008	1	13	4,53	3,87	4,00	4,33
2008	1	14	7,23	5,92	5,80	7,11
2008	1	15	3,88	2,93	2,93	3,25
2008	1	16	6,33	5,48	5,06	5,96
2008	1	17	6,08	5,03	4,73	5,78
2008	1	18	4,34	3,81	3,60	4,44
2008	1	19	6,07	5,21	4,71	6,02
2008	1	20	4,13	3,51	3,10	3,87

Quadro 6A – Valores diários do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (Ki) para a cultura da alface, dentro da casa de vegetação, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dias	Ki (T15)	Ki (T20)	Ki (T25)	Ki (T30)
2007	12	25	0,59	0,59	0,23	0,39
2007	12	26	0,87	0,72	0,30	0,50
2007	12	27	0,90	0,73	0,43	0,51
2007	12	28	1,24	0,94	0,68	0,72
2007	12	29	1,04	0,72	0,43	0,53
2007	12	30	1,14	0,93	0,58	0,58
2007	12	31	1,13	0,99	0,99	0,76
2008	1	1	1,07	0,71	0,55	0,59
2008	1	2	0,94	0,90	0,75	0,70
2008	1	3	1,22	0,83	0,63	0,61
2008	1	4	1,27	0,91	0,78	0,80
2008	1	5	0,87	0,66	0,48	0,41
2008	1	6	2,05	1,63	1,28	1,22
2008	1	7	1,27	0,98	0,87	0,80
2008	1	8	1,30	1,00	0,91	0,82
2008	1	9	1,61	1,15	0,95	0,88
2008	1	10	1,33	1,23	1,21	0,87
2008	1	11	1,36	1,29	1,30	0,99
2008	1	12	1,39	1,27	0,90	0,82
2008	1	13	1,82	1,47	1,32	1,09
2008	1	14	1,32	1,23	1,06	0,91
2008	1	15	1,02	1,03	0,97	0,84
2008	1	16	1,35	1,18	1,09	0,82
2008	1	17	1,56	1,18	1,15	1,04
2008	1	18	1,46	1,32	1,21	1,01
2008	1	19	0,94	1,02	0,71	0,87
2008	1	20	0,81	0,83	0,86	0,67

Quadro 7A – Valores diários do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (Ki) para a cultura da alface, fora da casa de vegetação, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dias	Ki (T15)	Ki (T20)	Ki (T25)	Ki (T30)
2007	12	25	0,87	0,67	0,45	0,80
2007	12	26	0,65	0,43	0,36	0,57
2007	12	27	0,68	0,50	0,39	0,68
2007	12	28	1,06	0,80	0,71	0,98
2007	12	29	0,74	0,52	0,44	0,66
2007	12	30	0,81	0,57	0,52	0,72
2007	12	31	0,92	0,83	0,78	0,91
2008	1	1	0,66	0,61	0,56	0,67
2008	1	2	0,67	0,66	0,57	0,72
2008	1	3	0,75	0,55	0,46	0,63
2008	1	4	1,36	1,06	0,99	1,22
2008	1	5	0,77	0,62	0,67	0,70
2008	1	6	0,85	1,27	1,48	1,23
2008	1	7	1,07	1,11	1,00	1,10
2008	1	8	1,04	0,86	0,77	1,01
2008	1	9	1,43	1,30	1,16	1,41
2008	1	10	1,53	1,28	1,21	1,47
2008	1	11	1,42	1,11	1,08	1,39
2008	1	12	1,37	1,08	1,15	1,30
2008	1	13	1,81	1,54	1,59	1,73
2008	1	14	1,80	1,48	1,45	1,77
2008	1	15	1,11	0,84	0,84	0,93
2008	1	16	1,51	1,31	1,21	1,42
2008	1	17	1,53	1,27	1,19	1,46
2008	1	18	1,36	1,19	1,13	1,39
2008	1	19	1,42	1,22	1,10	1,41
2008	1	20	0,97	0,82	0,73	0,91

Quadro 8A – Valores diários do coeficiente de ajuste do irrigâmetro modificado (Ki) para a cultura da alface, dentro da casa de vegetação, usando a ETo do ambiente externo, para os tratamentos T15, T20, T25 e T30, durante o período experimental.

Ano	Mês	Dias	Ki (T15)	Ki (T20)	Ki (T25)	Ki (T30)
2007	12	25	0,48	0,48	0,19	0,32
2007	12	26	0,66	0,54	0,22	0,38
2007	12	27	0,72	0,59	0,35	0,41
2007	12	28	1,05	0,80	0,57	0,61
2007	12	29	0,79	0,55	0,33	0,40
2007	12	30	0,87	0,71	0,44	0,44
2007	12	31	0,94	0,82	0,82	0,63
2008	1	1	0,87	0,58	0,45	0,48
2008	1	2	0,75	0,72	0,60	0,56
2008	1	3	0,89	0,60	0,46	0,44
2008	1	4	1,04	0,74	0,64	0,65
2008	1	5	0,70	0,53	0,38	0,33
2008	1	6	1,79	1,42	1,12	1,06
2008	1	7	1,15	0,88	0,79	0,72
2008	1	8	1,21	0,94	0,85	0,77
2008	1	9	1,53	1,09	0,90	0,84
2008	1	10	1,21	1,12	1,10	0,79
2008	1	11	1,19	1,12	1,14	0,87
2008	1	12	1,17	1,07	0,76	0,69
2008	1	13	1,59	1,29	1,16	0,96
2008	1	14	1,16	1,08	0,93	0,80
2008	1	15	0,91	0,92	0,86	0,75
2008	1	16	1,08	0,94	0,87	0,65
2008	1	17	1,19	0,90	0,88	0,79
2008	1	18	1,29	1,17	1,07	0,90
2008	1	19	0,77	0,84	0,58	0,71
2008	1	20	0,67	0,69	0,71	0,55

Quadro 9A – Valores médios das variáveis de produção, em cada repetição, nos tratamentos T15, T20, T25 e T30, dentro da casa de vegetação.

Variável	Bloco	T15	T20	T25	T30
MFCb (g)	1	418,14	267,74	347,60	311,38
	2	402,27	372,24	313,74	353,33
	3	406,72	390,28	335,92	321,77
MFR (g)	1	12,55	11,65	9,40	10,05
	2	13,95	11,75	11,90	14,55
	3	11,35	12,85	11,40	10,15
MFC (g)	1	65,15	24,46	35,65	33,94
	2	62,36	41,37	36,65	51,43
	3	49,46	60,50	47,43	40,35
AF (cm ²)	1	10045,52	6052,65	6719,85	7089,17
	2	8674,79	7234,26	7075,32	7639,30
	3	8627,96	8242,73	8083,85	6414,74
NF	1	52	44	47	46
	2	53	49	47	48
	3	48	54	48	48
CF (cm)	1	25,14	22,44	21,48	22,28
	2	24,58	22,90	21,81	23,29
	3	23,84	23,71	23,50	21,97
LF (cm)	1	15,99	15,72	14,58	14,30
	2	16,45	14,61	14,35	14,58
	3	15,40	15,55	14,90	13,89
CF/LF	1	1,57	1,43	1,47	1,56
	2	1,49	1,57	1,52	1,60
	3	1,55	1,52	1,58	1,58
CC (cm)	1	11,45	6,50	8,25	7,30
	2	11,45	9,85	8,00	11,60
	3	9,95	11,70	10,00	8,80
DC (cm)	1	3,50	2,70	2,90	2,85
	2	3,30	3,00	2,95	3,10
	3	3,25	3,30	3,10	2,90
VC (cm ³)	1	59,50	24,00	31,50	32,00
	2	58,00	38,00	33,00	50,50
	3	35,00	55,00	43,50	36,50
VR (cm ³)	1	9,50	7,00	5,00	5,00
	2	11,00	7,00	8,50	10,50
	3	8,50	8,50	6,50	7,50
MSF (g)	1	11,05	8,13	8,87	9,34
	2	9,54	9,60	8,51	8,54
	3	9,34	10,13	9,53	8,77
MSC (g)	1	3,06	1,42	1,89	1,91
	2	2,80	2,05	1,80	2,29
	3	2,16	2,71	2,12	1,81
MSR (g)	1	1,05	1,06	0,93	0,83
	2	1,65	1,04	1,24	1,77
	3	1,00	1,06	0,93	0,90
AFE (cm ² /g)	1	909,51	744,48	758,02	759,01
	2	909,31	753,57	831,90	894,53
	3	923,76	814,10	848,70	731,86

Quadro 10A – Valores médios das variáveis de produção, em cada repetição, nos tratamentos T15, T20, T25 e T30, fora da casa de vegetação.

Variável	Bloco	T15	T20	T25	T30
MFCb (g)	1	355,38	284,80	327,32	332,78
	2	322,46	340,10	285,62	281,96
	3	281,88	330,87	300,90	312,38
MFR (g)	1	13,65	13,00	11,65	12,10
	2	12,70	16,40	10,50	11,25
	3	9,80	14,90	17,30	12,00
MFC (g)	1	45,53	32,69	33,90	36,37
	2	42,78	44,10	39,64	33,29
	3	26,26	47,80	32,75	34,45
AF (cm ²)	1	6508,03	6531,16	5994,86	6651,61
	2	6765,06	6388,63	5988,75	5757,65
	3	6048,81	6655,26	6326,36	7032,99
NF	1	43	41	39	40
	2	43	42	41	43
	3	39	47	44	46
CF (cm)	1	23,41	21,64	23,85	22,54
	2	23,35	22,96	22,06	21,41
	3	22,04	23,01	21,58	23,06
LF (cm)	1	13,73	13,94	13,69	13,06
	2	13,86	13,30	12,72	12,90
	3	13,30	13,74	12,65	14,00
CF/LF	1	1,70	1,55	1,74	1,73
	2	1,68	1,73	1,73	1,66
	3	1,66	1,67	1,71	1,65
CC (cm)	1	8,40	6,40	7,55	7,45
	2	8,50	9,00	8,90	7,10
	3	6,90	9,75	7,00	7,85
DC (cm)	1	3,30	3,15	2,95	3,25
	2	3,15	3,20	3,00	2,95
	3	2,80	3,30	3,00	2,95
VC (cm ³)	1	37,00	33,00	30,00	33,50
	2	39,50	45,50	36,00	30,00
	3	23,50	43,00	29,00	30,00
VR (cm ³)	1	7,50	11,00	6,00	5,50
	2	8,00	7,00	8,50	8,00
	3	6,00	8,00	10,00	6,50
MSF (g)	1	9,09	9,60	7,89	8,50
	2	8,73	7,45	8,29	7,88
	3	8,56	8,06	8,38	8,60
MSC (g)	1	2,09	1,60	1,57	1,66
	2	1,95	1,81	1,70	1,54
	3	1,19	2,08	1,48	1,85
MSR (g)	1	1,08	1,04	1,02	1,03
	2	1,04	1,21	0,82	0,83
	3	0,83	1,01	1,43	0,93
AFE (cm ² /g)	1	715,64	680,33	760,29	782,54
	2	774,48	857,53	722,84	730,67
	3	706,56	825,71	755,39	817,79

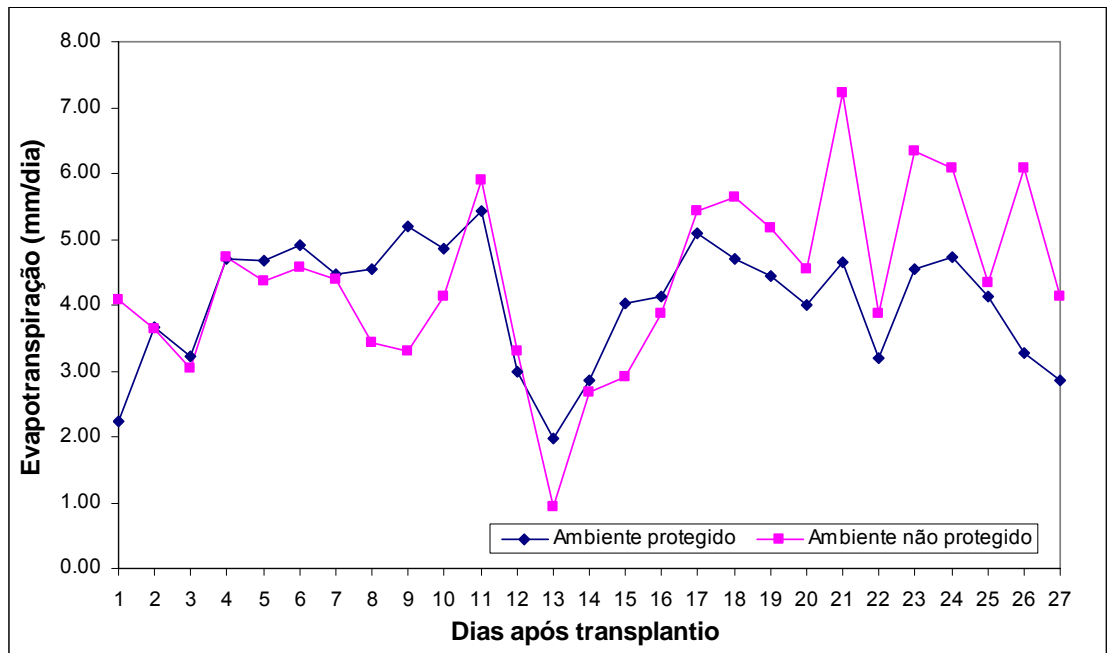


Figura 1A – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, para o tratamento T15, dentro e fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura, após transplântio.

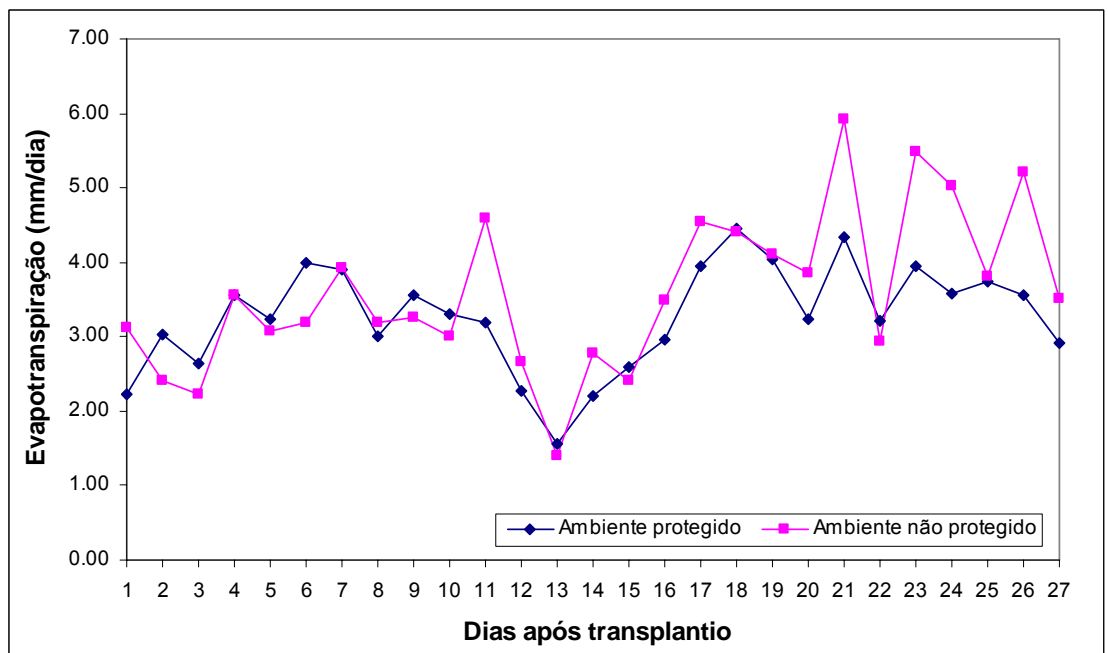


Figura 2A – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, para o tratamento T20, dentro e fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura, após transplântio.

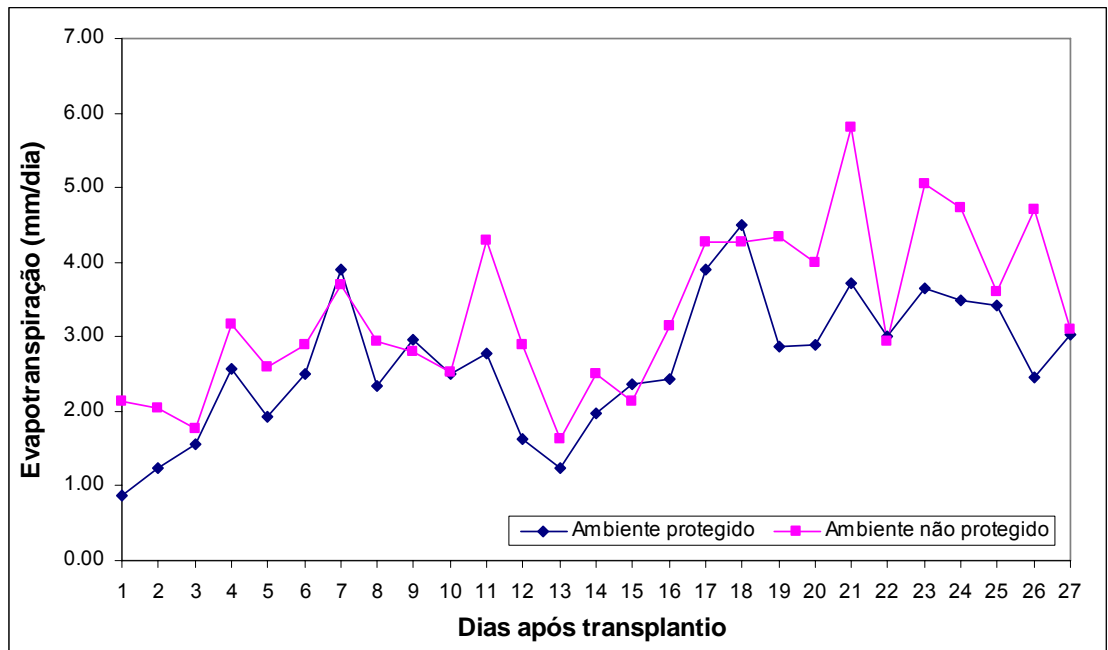


Figura 3A – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, para o tratamento T25, dentro e fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura, após transplantio.

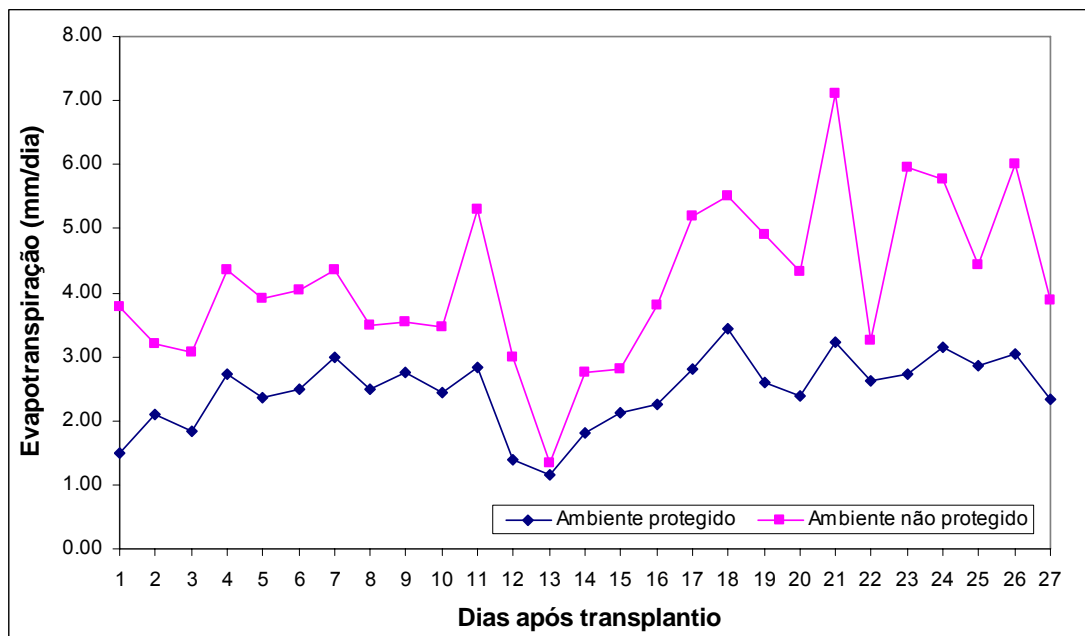


Figura 4A – Comportamento da evapotranspiração diária média da cultura da alface, para o tratamento T30, dentro e fora da casa de vegetação, no período vegetativo da cultura, após transplantio.