UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA ALFACE (Lactuca sativa L.), SUBMETIDA À DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA, ATRAVÉS DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

POR

EMÍLIA HAMADA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Emília Hamada e aprovada pela Comissão Julgadora em 30 de agosto de 1993. Campinas, 30 de setembro de 1993

Roberto Tschbt.
Presidente da Banca

Campinas, SP

Agosto de 1993

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.), SUBMETIDA À DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA, ATRAVÉS DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

POR

EMÍLIA HAMADA

Orientador :

Prof. Dr. ROBERTO TESTEZLAF

tc.CM00034426
CM00045332

Dissertação apresentada em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração : Água e Solo.

Campinas, SP

Agosto de 1993

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Roberto Testezlaf pela segura orientação e apoio recebidos.

Ao pesquisador Flávio Bussmeyer Arruda, do IAC, pelas valiosas sugestões, leitura crítica dos originais e apoio recebido.

Ao pesquisador Rogério Salles Lisbão, do IAC, pela importante contribuição no plano de pesquisa.

Ao professor Adibe Jorge Roston pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

À Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, pela oportunidade oferecida.

Ao Departamento de Planejamento e Produção Agropecuária - FEAGRI, pelas facilidades para poder participar do Curso de Pós-Graduação.

Ao Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa - UNICAMP, pelo suporte financeiro.

Ao Campo Experimental - FEAGRI, em especial, aos técnicos Gelson Espindola da Silva e José Adolfo de Almeida Neto e aos

auxiliares Deli Alves de Souza, Joaquim Cassanja e Antônio Freire de Souza, pela colaboração na condução do experimento no campo.

Ao professor Paulo Mazzafera e à bióloga Julieta Andréia de Almeida, do Instituto de Biologia - UNICAMP e ao professor Sylvio Luis Honório, pelo auxílio no tratamento fitossanitário.

Aos técnicos de laboratório Maria Rosália da S. Favoretto e Dagoberto Favoretto Júnior, pela importante colaboração nas análises realizadas.

À engenheira Sílvia Regina de Toledo Valentini, pelo auxílio na coleta do material no campo.

À professora Elaine Borghi e ao engenheiro Ednaldo Carvalho Guimarães, pela colaboração na análise estatística.

Ao Laboratório de Informática - FEAGRI, na pessoa dos técnicos Clóvis Tristão e Edgar Aparecido Lombardi, pela colaboração no uso dos programas computacionais.

Ao técnico Robinson Orsini pela colaboração nos desenhos.

À empresa Asgrow do Brasil Sementes Ltda., na pessoa do engenheiro Ailton Ribeiro, pelo fornecimento das sementes.

Ao Centro de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas, na pessoa do engenheiro Pedro Melilo de Magalhães, por permitir o uso de seu laboratório.

À minha irmã Celina pelo apoio e confiança.

SUMÁRIO

Página

SUMÁRIO..... v

LISTA DE FIGURAS..... vii

LISTA DE TABELAS..... ix

RESUMO..... xiii

1. INTRODUÇÃO..... 1

2. REVISÃO DE LITERATURA..... 3

2.1. A cultura da alface..... 3

2.2. Resposta da alface à disponibilidade de água.... 5

2.3. Efeito dos métodos de irrigação na alface..... 9

2.4. Manejo da irrigação..... 14

2.5. Análise de crescimento..... 17

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 26

3.1. Características do local..... 26

3.2. Características e condução da cultura..... 29

3.3. Delineamento experimental..... 32

3.4. Equipamento e manejo da irrigação..... 34

3.5. Avaliação do desenvolvimento da cultura..... 38
3.5.1. Parâmetros de crescimento..... 38
3.5.2. Análise de crescimento..... 40
3.5.3. Análise da produtividade e qualidade..... 40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 42
4.1. Resultados gerais e irrigação..... 42
4.2. Parâmetros de crescimento..... 45
4.2.1. Altura..... 45
4.2.2. Massa seca total..... 47
4.2.3. Massa fresca total..... 50
4.2.4. Número de folhas..... 53
4.2.5. Área foliar..... 56
4.2.6. Discussão..... 59
4.3. Análise de crescimento..... 60
4.3.1. Taxa média de crescimento da cultura..... 60
4.3.2. Taxa média de crescimento relativo..... 62
4.3.3. Taxa média de assimilação líquida..... 64
4.3.4. Razão de área foliar média..... 66
4.3.5. Discussão..... 68
4.4. Análise da produtividade e da eficiência do uso de água..... 68
4.5. Análise da qualidade da produção..... 72
5. CONCLUSÕES..... 76
6. ANEXOS..... 78
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 97
8. ABSTRACT..... 102

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curvas características da umidade do solo.....	28
2	Distribuição dos tratamentos e suas repetições....	34
3	Detalhe da sub-parcela experimental.....	35
4	Esquema geral do sistema de irrigação.....	36
5	Valores diários de precipitação, evaporação do tanque "Classe A" e temperatura média do ar, no de período de setembro a novembro de 1991.....	43
6	Lâmina de água acumulada aplicada nos tratamentos de irrigação de alface, no período de outubro a novembro de 1991.....	44
7	Altura média, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.....	46
8	Massa seca total, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.....	48
9	Massa fresca total, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.....	51

10 Número de folhas por planta, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.... 55
11 Área foliar média, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface..... 57
12 Taxa média de crescimento da cultura da alface para quatro lâminas de irrigação..... 61
13 Taxa média de crescimento relativo da alface para quatro lâminas de irrigação..... 63
14 Taxa média de assimilação líquida da alface para quatro lâminas de irrigação..... 65
15 Razão de área foliar média da alface para quatro lâminas de irrigação..... 67
16 Produtividade e eficiência do uso de água, obtidas nas diferentes lâminas de água total aplicadas..... 70
17 Número de plantas/m^2 nas quatro lâminas de água de irrigação, de acordo com a classificação comercial. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Análises granulométrica e química do solo.....	27
2	Massa fresca final, irrigação acumulada e eficiência do uso de água para quatro níveis de irrigação na alface.....	69
3	Classificação comercial da produção da alface, para quatro níveis de lâmina de água de irrigação...	73
4	Altura média, em cm, para as cinco amostragens, ao longo do tempo.....	80
5	Massa seca total média, em g/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo.....	80
6	Massa fresca total média, em g/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo.....	80
7	Número médio de folhas por planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo.....	81
8	Área foliar média, em cm^2/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo.....	81

9 Análise de variância para altura (cm), aos 11 dias após o transplante..... 83
10 Análise de variância para altura (cm), aos 22 dias após o transplante..... 83
11 Análise de variância para altura (cm), aos 27 dias após o transplante..... 84
12 Análise de variância para altura (cm), aos 32 dias após o transplante..... 84
13 Análise de variância para altura (cm), aos 36 dias após o transplante..... 85
14 Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 11 dias após o transplante..... 85
15 Teste de Duncan para massa seca total (g/planta), aos 11 dias após o transplante..... 86
16 Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 22 dias após o transplante..... 86
17 Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 27 dias após o transplante..... 87
18 Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 32 dias após o transplante..... 87
19 Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 36 dias após o transplante..... 88
20 Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 11 dias após o transplante..... 88
21 Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 27 dias após o transplante..... 89

22 Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 27 dias após o transplante..... 89
23 Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 32 dias após o transplante..... 90
24 Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 36 dias após o transplante..... 90
25 Análise de variância para número de folhas por planta, aos 11 dias após o transplante..... 91
26 Análise de variância para número de folhas por planta, aos 22 dias após o transplante..... 91
27 Análise de variância para número de folhas por planta, aos 27 dias após o transplante..... 92
28 Análise de variância para número de folhas por planta, aos 32 dias após o transplante..... 92
29 Análise de variância para número de folhas por planta, aos 36 dias após o transplante..... 93
30 Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 11 dias após o transplante..... 93
31 Teste de Duncan para área foliar (cm^2/planta), aos 11 dias após o transplante..... 94
32 Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 22 dias após o transplante..... 94
33 Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 27 dias após o transplante..... 95
34 Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 32 dias após o transplante..... 95

35 Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 36 dias após o transplante..... 96

RESUMO

Experimento com alface, sob aplicação de diferentes lâminas de água de irrigação, através do sistema de gotejamento, foi conduzido no Campo Experimental, da Faculdade de Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas.

O cultivar utilizado foi o "Floresta", pertencente ao Grupo Lisa ou Manteiga. O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos de irrigação e cinco repetições. As aplicações de água tinham frequência diária, com lâminas determinadas através de percentagens (120%, 100%, 80% e 60%) da evaporação do tanque "Classe A".

Foram avaliados o crescimento e a produção comercial, através dos seguintes parâmetros: massa fresca total, massa seca total, área foliar, altura e número de folhas por planta, índices de crescimento da análise clássica (taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar), produtividade da cultura, qualidade comercial da alface e eficiência do uso de água.

Os resultados obtidos indicaram, que embora não fosse encontrada diferença estatística significativa entre as lâminas de água aplicadas e os parâmetros fisiológicos estudados, a cultura reagiu ao efeito das diferentes lâminas de água aplicadas, principalmente, na fase final do seu desenvolvimento. O tratamento T120 foi o que apresentou os melhores resultados de massa fresca total, número de folhas por planta e área foliar. A maior produtividade média e as maiores produções de melhor qualidade comercial também foram obtidas neste tratamento. Em contrapartida, a maior eficiência de uso de água foi obtida no tratamento T60.

A diferenciação do crescimento, entre os tratamentos, permitiu definir a existência de períodos distintos de necessidade e resposta à água pela planta. Dessa forma, poderiam ser aplicadas menores lâminas de água (T60 ou T80), no início do ciclo (até os 22 dias após o transplante) e, na fase final do desenvolvimento, as maiores lâminas de água (T100 ou T120).

1. INTRODUÇÃO

Uma adequada umidade do solo é essencial para a produção das culturas. Segundo MILLAR (1984), dentre os fatores complementares da produção, a água é o que limita a produtividade, com maior frequência. Assim, para uma agricultura racional, é de fundamental importância o manejo adequado e eficiente da água de irrigação.

O manejo de água visa a manutenção do solo, em condições ótimas de disponibilidade de água, durante todo o ciclo da cultura (REICHARDT, 1987). Porém, qualquer tentativa de se estabelecer o manejo de água deve levar em conta o sistema solo-clima-cultura.

A alface (Lactuca sativa L.) é uma hortaliça das mais exigentes em água, necessitando aplicações frequentes, através da irrigação. É, entre as hortaliças folhosas, a de maior consumo e importância econômica, no Brasil (FILGUEIRA, 1982).

O sistema de irrigação comumente utilizado para a alface, no Brasil, é por aspersão. Apesar deste sistema ser tradicionalmente utilizado, é necessário, ainda, se avaliar a adaptabilidade de outros sistemas para a irrigação da cultura,

nas condições do Estado de São Paulo. Comparado a outros métodos, a irrigação por gotejamento se apresenta como uma boa alternativa de uso. Este sistema, aliado à economia de água, possibilita manter um nível de umidade elevado no solo, sem prejudicar a sua aeração (OLITTA, 1981 e BERNARDO, 1986).

Este trabalho teve como objetivo estudar o manejo da irrigação por gotejamento na cultura da alface, nas condições edafoclimáticas de Campinas-SP. A hipótese de trabalho foi que essa cultura apresenta crescimento e produção comercial variáveis, modulada pela umidade do solo e esta pode ser controlada por um bom manejo da irrigação. A avaliação desta hipótese foi realizada aplicando-se diferentes lâminas de água, baseadas na evaporação do tanque "Classe A", e realizando-se a análise de crescimento da cultura e das irrigações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da alface

A alface é uma planta herbácea, anual, pertencente à família das Cichoriaceae (Compositae), conforme LISBÃO et al. (1990). É excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B_1, B_2 e C, além de cálcio e ferro (CAMARGO, 1992). Devido às suas propriedades nutritivas, é um importante alimento para a população brasileira.

Esta hortaliça apresenta um caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas, relativamente grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma "cabeça" (FILGUEIRA, 1982). As raízes são do tipo pivotante, com finas ramificações, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo (LIMA, 1986). É considerada uma cultura de raízes densas e relativamente pouco profundas.

FILGUEIRA (1982) cita que a alface é, entre as hortaliças folhosas, a de maior consumo e importância econômica, no Brasil. A preferência do consumidor do centro-sul brasileiro é pelo grupo com folhas do tipo de "cabeça", com folhas lisas do tipo "manteiga", macias e com bordos lisos.

Segundo dados do CENSO AGROPECUÁRIO (1985a), o Estado de São Paulo é o maiqr produtor de alface do Brasil, com 49% da produção total, participando, anualmente, com 83.323 t. O CENSO AGROPECUÁRIO (1985b) destaca as produções das microrregiões da Grande São Paulo (64% com 52.967 t), seguida da de Campinas (14% com 11.709 t). Entre municípios, o de Campinas é o quarto produtor, com 5.192 t, produção só abaixo dos municípios de Biritiba-Mirim, Moji das Cruzes e Salesópolis, pertencentes à microrregião da Grande São Paulo.

A maior demanda da alface ocorre no verão, período em que sua produção é menor, elevando-se assim seu preço. UENO et al. (1981) citam que na capital paulista, a nível de varejo, isto ocorre principalmente no período de fevereiro a abril. A menor produção, nos meses mais quentes, se deve ao fato dela ser uma hortaliça de inverno e portanto, apresentar melhor desenvolvimento e produção em temperaturas amenas. Entretanto, atualmente podem ser encontradas variedades adaptadas ao cultivo de verão, que apresentam tolerância ao apendoamento precoce e que possuem resistência ao vírus do mosaico.

2.2. Resposta da alface à disponibilidade de água

A alface é uma hortaliça das mais exigentes em água e o efeito desta, sobre a cultura, vem sendo estudado há pelo menos seis décadas. Observa-se que, ao longo do tempo, distintas abordagens sobre o tema foram adotadas, e diferentes parâmetros estudados.

Diversos autores constataram a estreita relação entre o nível de umidade do solo, o crescimento e o rendimento da cultura.

SCHWALEN, WHARTON (1930) observaram que a manutenção de um teor de umidade do solo, alto e uniforme, por todo o ciclo vegetativo, aumentou o rendimento comercializável. Houve também aumento da massa da "cabeça", do número de plantas "encabeçadas" e da precocidade de colheita. Os autores constataram que a redução no conteúdo de umidade do solo no início do ciclo de crescimento, ocasionou grande queda na massa da "cabeça".

KNOTT, TAVERNETTI (1944) recomendaram que para a obtenção de produto de alta qualidade, não deve ocorrer falta de água durante o período de crescimento, da mesma forma que a água em excesso no solo é indesejável. Os autores enfatizaram a importância do suprimento adequado de água, devido ao sistema radicular relativamente pouco profundo da planta.

Um dos primeiros trabalhos, no Brasil, sobre a irrigação de alface, foi realizado por SIMÃO (1955). Constatou que, o aumento na quantidade de água aplicada era acompanhada por um

aumento na massa da alface, e que os melhores resultados foram obtidos com aplicação de 15 litros de água por m^2/dia, nas condições de Piracicaba, SP.

ZINK, YAMAGUCHI (1962) analisaram o crescimento da cultura, e constataram que mais de 70% da sua massa fresca eram produzidos nos vinte e um dias anteriores à primeira colheita. Portanto, principalmente durante esta fase do desenvolvimento da planta, as práticas culturais, entre elas, a manutenção adequada da umidade do solo, deveriam ser bem observadas, com o risco de limitarem o crescimento, provocando redução no rendimento.

SALE (1966) analisou a resposta da alface à irrigação, nos diferentes estádios de crescimento. O autor observou a existência de efeitos da irrigação nos estádios iniciais, indicados pelo decréscimo da taxa de crescimento, relacionados com pequenos incrementos no "deficit" de umidade do solo. A maior resposta de crescimento à irrigação ocorreu no estádio final de desenvolvimento. Neste estádio, o solo foi restabelecido à capacidade de campo, cerca de uma semana antes da primeira colheita. O autor concluiu, também, que o maior requerimento de água ocorreu nas três semanas anteriores à colheita, quando a percentagem de cobertura do solo foi superior a 90%.

SINGH, ALDERFER (1966) constataram que, com tensões de umidade do solo acima de 100kPa (1bar), à 13 cm de profundidade na linha de plantio, em qualquer período do crescimento, houve uma redução na produtividade, na massa da "cabeça" e na

qualidade. Salientaram, no entanto, que a alface foi mais susceptível ao estresse hídrico no período de formação da "cabeça". Verificaram, também, que baixos níveis de umidade do ar, assim como o aumento do número de vezes em que o estresse ocorria, contribuíram ainda mais para a redução do rendimento.

SAMMIS et al. (1988) observaram que a produtividade da alface comercializável decresceu linearmente com o decréscimo da aplicação de água. A redução na produtividade comercializável, foi acompanhada da diminuição da produção da biomassa total, do tamanho da "cabeça" e da qualidade do produto.

O efeito da umidade do solo sobre as raízes da alface foi estudado por ROWSE (1974). O autor observou que as condições adversas de umidade do solo, afetaram, de forma mais intensa, a massa da parte aérea, do que a massa das raízes. Em experimento comparando plantas irrigadas e não irrigadas, constatou que, embora as correspondentes massas das raízes fossem muito semelhantes, o comprimento total das raízes das alfaces maduras, não irrigadas, era 75% menor que o das raízes da alface irrigadas, o que reflete a mudança no diâmetro médio das raízes. Observou que as plantas não irrigadas apresentavam raízes mais grossas, com maior concentração em profundidade.

Além do teor de umidade do solo, a umidade atmosférica afeta o crescimento e a produtividade da cultura. Este fato foi observado, em parte, por SINGH, ALDERFER (1966). TIBBITTS, BOTTENBERG (1976), trabalhando em câmaras de crescimento, constataram que o nível de umidade relativa do ar teve um

efeito significativo sobre o desenvolvimento da alface, mesmo quando a planta foi mantida à níveis de umidade de solo ótimos. Assim, a umidade relativa mais alta proporcionou os aumentos do número de folhas, do tamanho da folha, das massas fresca e seca, e da precocidade de colheita. Observaram, também, que a acumulação de matéria seca foi mais acentuada, em plantas, nas terceira e quarta semanas, após a semeadura.

Da literatura consultada infere-se que a cultura da alface é afetada, não só por níveis de umidade do solo, mas também pela umidade atmosférica e que para se obter bons resultados no seu cultivo, o suprimento de água, através da irrigação, deve ser adequado nas várias fases do seu crescimento.

A resposta de uma cultura à disponibilidade de água depende, de uma forma mais ampla, de como se dá o movimento da água através do sistema solo-planta-atmosfera. Esta troca de água entre a planta e o ambiente é o que determinará a quantidade e a qualidade do crescimento da planta, ressaltando a importância de estudos regionais ligados ao manejo da irrigação. Referências de alguns desses trabalhos estão condensados em DOORENBOS, KASSAN (1979). Os fatores que controlam o balanço de água na planta podem ser vistos, com maiores detalhes, em SLATYER (1967) e KRAMER (1983).

2.3. Efeito dos métodos de irrigação na alface

Diferentes métodos podem ser utilizados para irrigar uma cultura. Entretanto, o uso de um método em particular está condicionado à fatores ambientais e edáficos, às características da cultura, à disponibilidade de água para irrigação, bem como à facilidade de manejo e operação do sistema de irrigação escolhido. A descrição dos principais métodos de irrigação, os seus fundamentos e particularidades podem ser vistos em OLITTA (1981) e BERNARDO (1986), entre outros.

Em trabalho comparando o efeito da irrigação por aspersão e por sulcos na cultura de alface, ROBINSON, McCOY (1967) constataram que a irrigação por sulcos requereu aproximadamente 2,5 vezes mais água que a irrigação por aspersão. Além disso, na irrigação por sulcos, foi observada uma acumulação de sais nas filas de sementes. Como o conteúdo de sais era menor nas parcelas que utilizavam a irrigação por aspersão, nelas, a taxa de germinação foi significativamente maior. Com relação ao efeito da textura do solo, os autores verificaram que, para ambos os métodos de irrigação, a maturidade da alface foi atrasada em duas semanas no solo mais arenoso.

ROBINSON et al. (1968), também comparando a irrigação por aspersão e por sulcos, observaram que a massa fresca da alface, sete semanas após o plantio, não apresentava diferença significativa entre os métodos, porém, notaram tendência de uma maior massa fresca da planta irrigada por aspersão. A adoção da

irrigação por aspersão permitiu mudança na forma dos canteiros, tornando-os mais largos. Este fato possibilitou maior densidade de plantas, sem prejudicar o estabelecimento do "stand". Os autores observaram que a eficiência do uso de água, na irrigação por aspersão, foi mais alta.

MOORE (1970), trabalhando com a irrigação por sulcos na alface, em solos franco-arenosos, mediu as perdas de água e de nitrogênio. Constatou que 21% da água total aplicada foi perdida por deflúvio superficial ("runoff"), e 50% perdida por percolação. Observou também que boa parte das perdas por lixiviação ocorreram no período da germinação: 64% da água percolada e 76% do nitrogênio, sob a forma de nitrato.

DEMATTÊ (1972) utilizou o sistema de sub-irrigação por tubos de Stauch, e comparou com o sistema de aspersão, nas condições da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul (IAC), em São Paulo. Observou que as maiores produções foram obtidas com o solo mantido com altos teores de umidade disponível, nos dois sistemas. Em relação às interações entre os sistemas de irrigação e os níveis de umidade do solo (fornecia-se água sempre que o solo apresentasse cerca de 50, 65 e 80% de água disponível), verificou não significância para as variáveis estudadas (massa média da parte aérea, porcentagem de plantas comercializáveis, número de plantas comercializáveis, massa total e massa média das raízes, altura, diâmetro e número de folhas). À medida que os níveis de umidade no solo decresciam, as produções também decresciam para os dois sistemas de

irrigação. O sistema de aspersão, aliado aos tratamentos em que se aplicava água quando o solo apresentasse 80 e 65% de água disponível, produziu os melhores resultados para massa total e massa média da parte aérea, respectivamente.

HOWELL, HANSON (1976) compararam os métodos de irrigação por aspersão, gotejamento, subsuperfície e sulcos, com três frequências de irrigação. Constataram que o maior rendimento da alface foi obtido com gotejamento, e utilizando a maior frequência de irrigação. Nesta frequência, o solo era mantido com baixa tensão, igual ou abaixo de 20kPa, à 15cm de profundidade.

DIAZ (1977) realizou um extenso trabalho de irrigação de alface, compreendendo os ciclos de 1973/74, 74/75 e 75/76, nas condições do México. No primeiro ciclo, o autor comparando as irrigações por gotejamento e por sulcos, observou que o rendimento obtido pelo gotejamento foi superior, tanto em quantidade quanto em qualidade da alface. Constatou, também, que os melhores resultados foram obtidos com a frequência diária de irrigação. Este resultado está de acordo com os trabalhos de SCHWALEN, WHARTON (1930); KNOTT, TAVERNETTI (1944), entre outros, uma vez que a irrigação diária com o gotejamento propicia a manutenção de baixo potencial de umidade do solo, favorecendo o desenvolvimento e crescimento da alface. O autor observou nos três ciclos de experimentos, que altas densidades de plantas requeriam os correspondentes aumentos nos níveis de

fertilidade e nas lâminas de irrigação, para que bons rendimentos fossem obtidos.

FORERO et al. (1979), na Colômbia, compararam o rendimento da alface obtido com irrigação por gotejamento, e o método tradicional de cultivo na região do experimento, ou seja, com a chuva como a única fonte de suprimento de água. O rendimento obtido com a irrigação por gotejamento, foi de, aproximadamente, 3,5 vezes maior que a produtividade obtida com o método tradicional. Avaliaram os custos e benefícios, tomando como base 10.000m^2 e quatro cultivos ao ano. Encontraram uma relação de custo/benefício de 1:3,22, o que, segundo os autores, indica que os investimentos em irrigação por gotejamento são justificáveis.

SAMMIS (1980) comparou os rendimentos e eficiências de uso de água na alface, utilizando os métodos de irrigação por aspersão, gotejamento, subsuperfície e sulcos. Obteve rendimentos e eficiências de uso de água similares para todos os métodos. Observou que, como a alface é uma cultura de raízes pouco profundas, qualquer método de irrigação que possibilite a aplicação de água, leve e frequente, com manejo adequado, resultará em altos rendimentos e altas eficiências de uso de água.

DEMATTÊ et al. (1981) estudaram os efeitos dos sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão sobre o desenvolvimento e produção de alface, nas condições de Jaboticabal, Estado de São Paulo. As variáveis de desenvolvimento estudadas foram o

diâmetro e altura médios da parte aérea e a percentagem de plantas comercializáveis. As variáveis de produção analisadas foram a massa média por metro quadrado de terreno cultivado e a massa média da parte aérea das plantas comercializáveis. Para todas as variáveis estudadas, a irrigação por gotejamento foi o que proporcionou os melhores resultados, salientando que o aumento da massa média por metro quadrado de terreno cultivado, devido a este sistema, foi de 1,23 vezes em relação à irrigação por aspersão. Segundo os autores, a irrigação por gotejamento proporcionou os melhores resultados pois o solo se manteve com alto e uniforme teor de umidade, sem prejudicar a aeração do solo, condições estas favoráveis ao bom desempenho da alface. Consideram, no entanto, que o custo total unitário de produção, gerado pelo gotejamento, poderá ser elevado em relação à aspersão, devido ao custo inicial do equipamento, sua imobilidade e consequente problema no tocante ao preparo do solo, e pela utilização de grande número de linhas de distribuição em espaçamento reduzido.

2.4. Manejo da irrigação

A determinação das necessidades de água de uma cultura é essencial na elaboração do projeto de irrigação e, do seu uso adequado. Tem influência, entre outros fatores, nessa determinação, o clima, a cultura, as práticas de cultivo, o solo, sua umidade e fertilidade. Existem vários métodos para estimar esse requerimento de água, uma discussão sobre o assunto e bibliografias são apresentados e discutidos em DOORENBOS, PRUITT (1977).

SINGH, ALDERFER (1966) utilizaram o método empírico de Thornthwaite para a determinação da evapotranspiração máxima da alface (ETm), nas condições de Nova Jersey, EUA. MOORE, SOLTANPOUR (1972) determinaram ETm da alface através dos métodos empíricos de Thornthwaite, Blaney-Criddle e Penman, e constataram pouca variação entre os métodos, nas condições de San Luis Valley, na Califórnia, EUA.

SHIH, RAHI (1984) determinaram a ETm para a alface, utilizando lisímetros e controlando os níveis do lençol freático a 45, 60 e 85 cm, para as condições dos Everglades, EUA. Constataram que a maior ETm foi obtida na menor profundidade do lençol freático (mais raso). Durante o ciclo da cultura, a relação entre ETm e a evaporação do tanque "Classe A" (EA) aumentou até um máximo, no período de formação da "cabeça", e, em seguida, esta relação declinou até a colheita.

O manejo da irrigação, no que se refere à aplicação da quantidade adequada de água para o bom desenvolvimento de uma cultura, pode ser estimado relacionando a lâmina a ser aplicada e a evaporação do tanque "Classe A" (EA), através de um coeficiente, definido para cada condição de cultivo. Alguns autores, o denominam de coeficiente ou fator de evaporação (DIAZ, 1977; CARRIJO, 1980; OLITTA, 1980; entre outros).

MOORE, SOLTANPOUR (1972) mediram a evapotranspiração real (ETr) e obtiveram a relação entre ETr e EA igual a 0,87, baseada em todo o período do experimento. Observaram que, em média, a ETr foi relativamente alta durante a germinação e no estabelecimento do "stand". Porém, foi baixa quando as plantas eram pequenas, e intermediária à medida que as plantas se desenvolviam até a colheita. O fato da ETr ser relativamente alta nos primeiros 20 dias de cultivo, ocorreu porque, neste período, o solo esteve continuamente úmido, para garantir a germinação e o estabelecimento do "stand".

DIAZ (1977) estudou o efeito de diferentes lâminas de irrigação, aplicadas por gotejamento, no rendimento da alface. As lâminas a serem aplicadas, com frequência diária, foram calculadas utilizando-se percentagens pré-definidas da EA. O autor observou que os melhores resultados foram obtidos com as mais altas percentagens. Para as condições do México, o autor recomendou aplicação de 80% da EA diária, por todo o período de desenvolvimento da cultura, para uma densidade de 110.000 plantas por hectare e fertilização com adubo de fórmula

100-90-00. O coeficiente de evaporação constante, por todo o ciclo da alface, foi justificado considerando-se o ponto de vista prático.

FORERO et al. (1979), também estudando o efeito de diferentes lâminas de água para a alface, utilizaram, como base do manejo da irrigação por gotejamento, um fator multiplicador da EA diária. A lâmina de água aplicada era obtida pela multiplicação da EA pelo fator de evaporação (0,6, 0,8 e 1,0). Os autores constataram que os melhores resultados, nas condições da Colômbia, foram obtidos utilizando o fator igual a 1,0.

RUSSO (1987) avaliou a possibilidade de utilizar águas salinas para a produção de alface, nas condições do deserto de Israel. Foi estudado o efeito da qualidade (salinidade) e da quantidade de água aplicada pela irrigação por gotejamento. Foram utilizadas três faixas de volume de água. Elas variaram de 0,37 a 1,3, de 0,6 a 1,6 e de 0,7 a 2,4 vezes a EA diária, para três diferentes níveis de salinidade. Ele constatou que o rendimento da alface foi afetado, tanto pela qualidade, quanto pela quantidade de água. Também observou que, à medida que o volume de água aplicado aumentava, os efeitos adversos da salinidade, sobre a cultura, foram parcialmente compensados.

ANDRADE JÚNIOR et al. (1992) analisaram o efeito de quatro níveis de irrigação, aplicados por microaspersão, sobre a massa média da "cabeça" e a produtividade da alface, nas condições de Teresina, PI. Os níveis de irrigação adotados foram 50%, 75%,

100% e 125% dos valores da EA. A massa média da "cabeça" e a produtividade apresentaram resposta quadrática, com relação aos níveis de irrigação, tendo os maiores valores sido obtidos ao utilizar 75% da EA.

2.5. Análise de crescimento

A produção econômica final de um cultivar é a resultante das interações planta-ambiente, porém para compreender um pouco a natureza dos controles intrínsecos do cultivar, são necessárias observações mais detalhadas, além da produção final (PEREIRA, MACHADO, 1987). A análise de crescimento, como observou HUNT (1978), permite ao pesquisador a obtenção de informações comparativas importantes, com plantas cultivadas em condições naturais, semi-naturais ou artificiais.

A análise de crescimento pode ser aplicada à uma planta ou a uma cultura. É o conjunto de conceitos e técnicas que visam quantificar o crescimento da planta. Assim, é possível, por exemplo, investigar os efeitos de diferentes técnicas de manejo sobre a produção de uma ou mais culturas, e, no caso específico deste trabalho, para observar o efeito do suprimento de água para a alface.

A análise de crescimento se baseia no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética (BENINCASA, 1988). Portanto, essa análise requer informações de

variações em alguns parâmetros. Estas informações podem ser conseguidas através de medidas de diversos tipos, realizadas a intervalos de tempo definidos, durante o ciclo de crescimento, tais como : dimensões lineares, número de unidades estruturais, medidas de superfície e massa. Informações a respeito das técnicas de amostragem de plantas ou parte da planta são detalhadamente discutidas em EVANS (1972).

Segundo RADFORD (1967) duas quantificações são necessárias para se conduzir uma análise de crescimento simples : uma medida do material da planta atual (W) e uma medida da magnitude do sistema assimilatório do material da planta (A). Na prática, as medidas mais comuns de W e A são, respectivamente, a massa seca total da planta individual e a área foliar total da planta.

Os principais índices ou parâmetros fisiológicos utilizados na análise de crescimento são: taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, índice de área foliar, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar.

- Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Segundo RADFORD (1967) a taxa de crescimento da cultura de uma área unitária de uma cobertura de dossel, em um tempo (t), é definida como o aumento de material da planta por unidade de tempo, ou seja:

$$TCC = \frac{dM}{dt} \qquad (1)$$

onde :

dM / dt = variação da massa seca com o tempo;

M = massa seca, em [g/planta], [g/m^2], [kg/ha], ou similar, e

t = tempo.

TCC representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária. A unidade de TCC pode ser [$g.planta^{-1}.dia^{-1}$], [$g.m^{-2}.dia^{-1}$], [$g.ha^{-1}.dia^{-1}$], ou similar.

- Taxa de crescimento relativo (TCR)

Segundo BLACKMAN (1919) a taxa de crescimento relativo representa a eficiência da planta como um produtor de novo material. Foi uma das primeiras formas de quantificação matemática do crescimento de plantas.

A TCR de uma planta, em um tempo (t), é definida como o aumento do material da planta por unidade de material presente, por unidade de tempo (HUNT, 1978), ou seja :

$$TCR = \frac{dM/dt}{M} \qquad (2)$$

O resultado é expresso em [$g.g^{-1}.dia^{-1}$], ou similar.

- Índice de área foliar (IAF)

WATSON (1952) definiu índice de área foliar como área foliar da planta por unidade de área de terreno, ocupado por ela. É um índice adimensional da eficiência funcional das partes produtivas da planta (HUNT, 1978). O resultado pode ser expresso em [$m^2.m^{-2}$], ou similar.

- Taxa de assimilação líquida (TAL)

A taxa de assimilação líquida mede a eficiência das folhas na produção de novos materiais, ou seja, o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração (PEREIRA, MACHADO, 1987).

A TAL de uma planta, em um tempo (t), é definida, como o aumento de material da planta, por unidade de material assimilatório, por unidade de tempo (RADFORD, 1967), isto é :

$$TAL = \frac{dM/dt}{IAF} \qquad (3)$$

O resultado é expresso em unidades de crescimento por unidade de tempo, por superfície foliar presente, por exemplo, [$g.dia^{-1}.m^{-2}$].

- Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar de uma planta, em um tempo (t), é definida como a relação de material assimilatório, por unidade de material presente na planta (RADFORD, 1967), isto é :

$$RAF = \frac{AF}{M} \qquad (4)$$

A unidade de RAF é $[m^2.g^{-1}]$, ou similar.

As equações apresentadas anteriormente para os diversos índices fisiológicos, seguem os conceitos e técnicas da análise clássica de crescimento. Maiores detalhes podem ser obtidos em BLACKMAN (1919), WATSON (1952), EVANS (1972), RADFORD (1967), HUNT (1978), HUNT (1982), entre outros.

Segundo HUNT (1979) na análise de crescimento de plantas, muita atenção tem sido dada, ultimamente, ao uso de funções matemáticas de ajuste na descrição do crescimento. Assim, a análise de crescimento pode ser dividida em duas aproximações: a "clássica" e a "funcional". Na primeira aproximação, os valores médios das quantidades requeridas são derivados para o período de tempo entre duas amostragens. Na segunda aproximação, valores instantâneos e seus erros são derivados das equações ajustadas pelos dados observados.

Na aproximação funcional, as funções matemáticas empíricas são ajustadas aos dados primários de massa seca e área foliar, sendo os índices fisiológicos obtidos a partir das funções (PEREIRA, MACHADO, 1987).

RADFORD (1967) cita algumas vantagens desta aproximação:
a) a única hipótese requerida é que o ajuste da curva de crescimento descreva, adequadamente, as relações de massa seca versus tempo e área foliar versus tempo, para o intervalo de tempo em questão;
b) a técnica de regressão utiliza informações de todas as coletas disponíveis, em valores determinados para algum tempo, ao passo que o método tradicional usa dados de duas coletas consecutivas;
c) não existe necessidade de partição arbitrária de plantas dentro da amostragem, nas coletas em t_1 com aquelas em t_2; e
d) não é necessário tomar amostras grandes, em intervalos de tempo relativamente pouco frequente, para se obter resultados precisos. Para o ajuste da curva é preferível ter amostras menores e frequentes. Desta forma, a carga de trabalho envolvido na coleta de dados é mais regularmente distribuída no período do experimento.

A escolha da função de ajuste de curva é determinada por dois requerimentos, que frequentemente estão em oposição: a exatidão estatística e o que HURD (1977), chamou de "expectativa biológica" do experimentador (HUNT, 1979).

Os méritos relativos de cada aproximação devem ser examinados cuidadosamente, de forma que os dados obtidos descrevam, satisfatoriamente, a realidade considerada no trabalho, dentro dos objetivos a que se propôs o experimentador.

Alguns trabalhos sobre o comportamento da alface, ao longo do tempo, são apresentados a seguir.

ZINK, YAMAGUCHI (1962) analisaram o crescimento da alface Great Lakes e obtiveram os seguintes resultados :

a) desenvolvimento de folhas novas, à uma taxa quase constante, da emergência à maturidade de mercado;

b) a área foliar por planta foi crescente, resultante da taxa acelerada de aumento em área por folha e não do aumento do número de folhas por planta;

c) o aumento da área foliar por planta foi muito lento no período inicial de crescimento, porém, a seguir, a curva de crescimento apresentou uma inclinação acentuada, representando um grande aumento na área foliar;

d) o aumento na área foliar influiu diretamente no aumento da massa fresca e seca por planta;

e) 70% de sua massa fresca foi produzida nos 21 dias anteriores à colheita, sendo que 36% foi produzida na semana anterior à colheita; e

f) em geral, a percentagem de matéria seca decresceu quando a planta se aproximava da maturidade de mercado.

SALE (1966), analisando a resposta da alface à irrigação, observou que a massa fresca, em plantas irrigadas e não irrigadas, cresceu lentamente na primeira metade de seu período de crescimento. Nas três últimas semanas houve um rápido aumento na sua massa fresca média, apresentando uma relação, aproximadamente, linear entre a massa fresca e a idade das plantas. No ponto de colheita, porém, as plantas irrigadas foram, significativamente, mais pesadas do que as não irrigadas.

SINGH, ALDERFER (1966) observaram que o "deficit" de umidade do solo, anterior à formação da "cabeça" da alface, diminuiu o crescimento vegetativo. Provavelmente a redução na área foliar reduziu a superfície fotossintética e consequentemente o crescimento vegetativo da planta.

ROBINSON (1970), utilizando a irrigação por aspersão, estudou o efeito da densidade de plantio na taxa de crescimento da alface. Observou que o aumento na densidade de plantio provocava a redução na massa fresca da "cabeça" e na taxa de crescimento, influências que ficaram mais acentuadas à medida que as plantas cresciam. Além disso, foram observadas a maturidade tardia e a qualidade menor. Durante o mês anterior à colheita, o autor constatou que, para todas as densidades de plantio estudadas, o aumento da massa fresca da "cabeça", com o tempo, podia ser representado por uma função linear.

ANDRADE JÚNIOR et al. (1992), obtiveram em cultura de alface, resposta quadrática para os dados de massa média da "cabeça" e de produtividade, com relação aos níveis de irrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características do local

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas, Estado de São Paulo, no ano de 1991.

O solo da área utilizada foi classificado por OLIVEIRA et al. (1979) como Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa e relevo suave, ondulado (unidade Barão Geraldo).

Características físicas e químicas do solo são apresentadas na Tabela 1. Na Figura 1 estão as curvas características da umidade do solo, representativas da área do Campo Experimental.

O clima da região, segundo a classificação de Koepper, é uma transição entre Cwa e Cwf, isto é, subtropical de altitude, seco no inverno, chuvoso e quente no verão, com precipitação anual em torno de 1370 mm e temperatura média anual de 21,7^{0}C e 66,2% de umidade relativa.

Tabela 1. Análises granulométrica e química do solo, segundo ESPINDOLA, BONI (1990)

Profundidade (cm)	0 - 15	15 - 42	42 - 73
Argila (%)	56	58	61
Silte (%)	8	8	8
Areia (%)	36	34	31
pH H_2O	5,1	4,8	5,1
$CaCl_2$	4,7	4,8	4,6
Mat. Org. (%)	1,4	1,1	1,7
K^+ (meq/100g)	-	-	0,03
Ca^{2+} (meq/100g)	0,5	0,5	0,4
Mg^{2+} (meq/100g)	0,2	0,1	0,2
Al^{3+} (meq/100g)	0,3	0,2	0,6
Al+H (meq/100g)	3,4	3,1	4,2
S (meq/100g)	0,66	0,53	0,59
CTC (meq/100g)	4,06	3,63	4,79
Saturação por bases (%)	16	15	12
Saturação por alumínio (%)	33	27	50

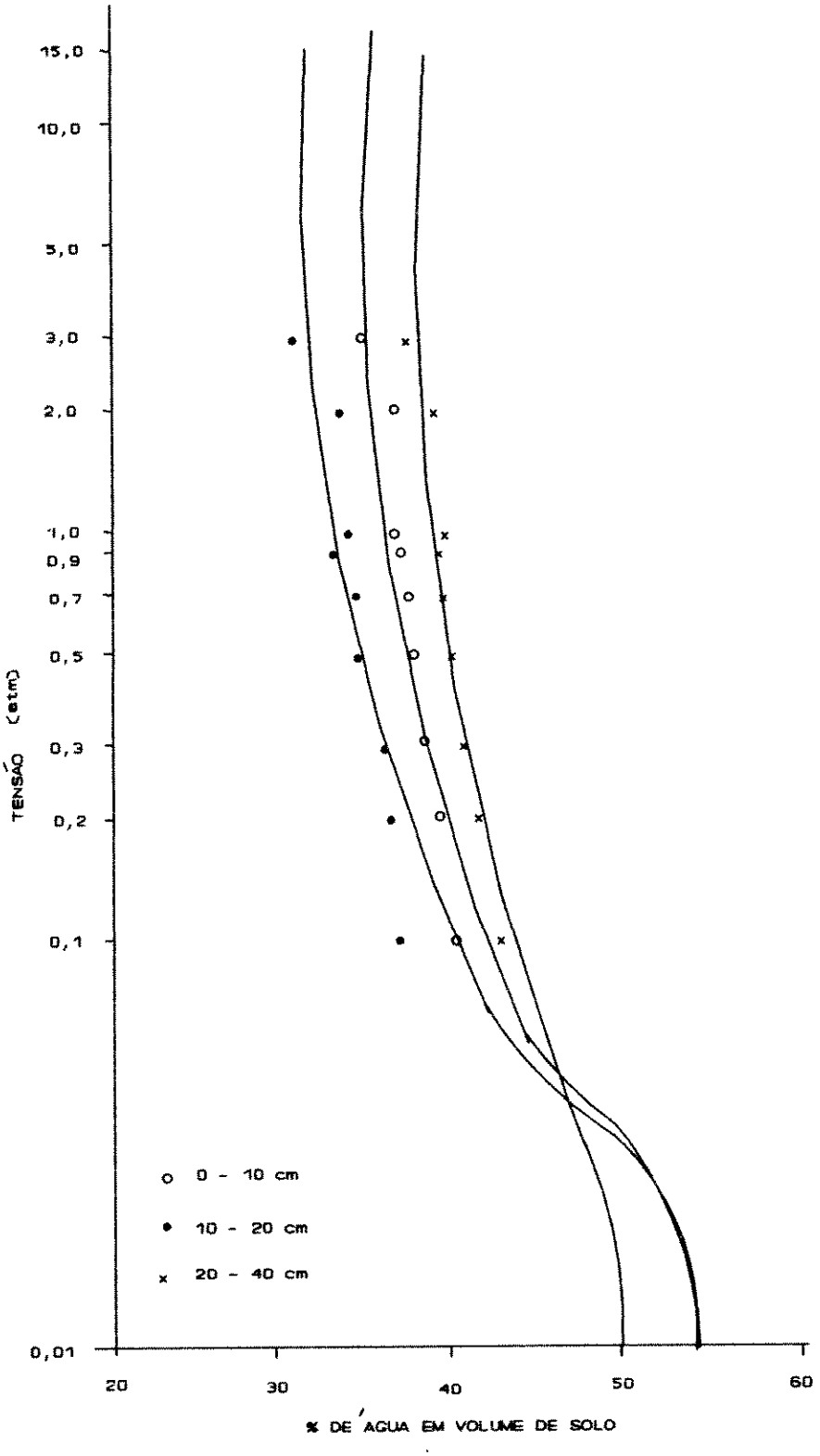

Figura 1 - Curvas características da umidade do solo (BONI, 1987).

Os dados concernentes à evaporação foram obtidos do tanque Classe "A", que serviu de base para o controle das irrigações. O tanque utilizado possui as seguintes características: é um recipiente cilíndrico, metálico, de 120 cm de diâmetro e 25 cm de altura. Apresenta um cilindro tranquilizador de 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro, em cuja borda se assenta um parafuso micrométrico de gancho, com capacidade para medir variações no nível da água do evaporímetro a partir de 0,02 mm. O tanque está instalado sobre um estrado de madeira, pintado de branco, com 15 cm de altura, colocado sobre o gramado.

Os dados de evaporação, precipitação e temperatura foram obtidos no posto agrometeorológico da FEAGRI, situado a, aproximadamente, 50 metros do local do experimento. O posto é considerado como de segunda classe, utilizando-se a classificação do Instituto Agronômico de Campinas (PEDRO JÚNIOR, 1987).

3.2. Características e condução da cultura

A espécie utilizada foi a alface (Lactuca sativa L.) cultivar "Floresta", pertencente ao Grupo Lisa ou Manteiga, grupo de maior preferência do mercado consumidor.

Este cultivar foi desenvolvido pela Asgrow do Brasil Sementes Ltda. e, segundo o catálogo da empresa[1], é um cultivar originário da série Brasil 300, desenvolvido pela Seção de

[1] SEMENTES ASGROW (s.d.)

Hortaliças Diversas e de Frutos do IAC. Cita ainda, o referido catálogo, que o "Floresta" é um cultivar resistente ao vírus do mosaico, produz "cabeças" grandes de formato um tanto aberto, com folhas verdes claras e o seu melhor desempenho está no período mais fresco do ano.

Para a produção de mudas, a semeadura foi feita em bandejas de isopor, com substrato de 50% de vermiculita e 50% de terra fina peneirada. As bandejas foram primeiramente lavadas com solução de hipoclorido de sódio, para desinfecção, e após a semeadura, colocadas em viveiro, localizado no Campo Experimental da FEAGRI. Para o suprimento de água até a formação de mudas foi utilizado o sistema de irrigação por micro-aspersão.

Foram utilizadas sementes pelotizadas, por apresentarem maior facilidade de manuseio, no plantio em bandejas, em comparação às sementes nuas.

A opção pela semeadura indireta foi devida a maior segurança na formação do "stand", possibilitando também a formação de mudas com maior sanidade e qualidade. A semeadura foi efetuada no dia 16 de setembro de 1991.

Aos 31 dias da semeadura foi realizado o transplante para os canteiros definitivos. As plântulas possuiam altura entre 0,08 a 0,10 m, apresentando de cinco a seis folhas definitivas. O espaçamento utilizado foi de 0,25 X 0,25 m, um dos recomendados por LISBÃO et al. (1990). O tempo gasto para que as mudas se tornassem aptas para o transplante, excedeu em, aproximada-

mente, 10 dias ao tempo previsto. Isso foi devido à baixa luminosidade no viveiro, acentuada pelo clima nublado neste período, o que provocou o estiolamento das folhas e, portanto, a necessidade de mais tempo para a recuperação no desenvolvimento das mudas, antes de se dar o transplante.

Segundo a análise química do solo, realizada em 1990 e apresentada na Tabela 1, observa-se que o pH é inferior a 6,0, quando o ideal para a alface, segundo FILGUEIRA (1982), é o pH de 6,0 a 6,8. No entanto, em análise feita há um mês do transplante das mudas, o pH do solo apresentou-se satisfatório para a cultura, não havendo, portanto, necessidade da aplicação de calcário.

Quanto à adubação, utilizou-se, como base, a recomendação de LISBÃO et al. (1990). Aplicou-se nos canteiros definitivos, a 10 dias antes do transplante, por metro quadrado, 2.000 g de esterco de galinha, 280 g de superfosfato simples (com 20% de P_2O_5), 26 g de cloreto de potássio (com 60% de K_2O) e 1 g de bórax (com 10% de B). Em cobertura foram aplicadas, por vez, 15 g de sulfato de amônio (com 20% de N), aos 5, 14 e 25 dias após o transplante, antecipando de, aproximadamente, 5 dias a recomendação básica, de acordo com a análise visual da planta.

O terreno foi preparado através de aração e gradeação e os canteiros foram formados com máquina encanteiradora. Como cobertura morta foi utilizado o bagaço de cana moído, com espessura de 1-2 cm. O bagaço de cana é uma cobertura utilizada normalmente pelos agricultores e proporciona, entre outras

vantagens, uma maior conservação da umidade do solo e um maior controle de ervas daninhas. O cultivo foi realizado manualmente, sempre que necessário.

Foram feitas duas pulverizações com Sevin 480-SC[2] (Carbaril) para combater insetos, no início do desenvolvimento da cultura e duas pulverizações com Dithane M-22[2] (Mancozebi), no combate às doenças fúngicas, nas últimas semanas anteriores a colheita, em dosagens recomendadas pelos fabricantes.

A colheita final foi realizada no ponto de consumo, quando a "cabeça" atingiu o máximo desenvolvimento, porém com folhas tenras e sem indício de florescimento. As plantas foram cortadas logo abaixo das folhas basais, bem rente ao solo, como recomendam LISBÃO et al. (1990).

3.3. Delineamento experimental

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos distribuídos em cinco repetições, perfazendo um total de vinte parcelas.

Foram utilizados os seguintes tratamentos:

Tratamento T120 : Aplicação de 120% da evaporação diária obtida do tanque "Classe A".

---

[2] As marcas comerciais citadas não indicam recomendações por parte do autor ou da UNICAMP.

Tratamento T100 : Aplicação de 100% da evaporação diária obtida do tanque "Classe A".

Tratamento T80 : Aplicação de 80% da evaporação diária obtida do tanque "Classe A".

Tratamento T60 : Aplicação de 60 % da evaporação diária obtida do tanque "Classe A".

Cada parcela foi representada por um canteiro de 1 m de largura por 12,5 m de comprimento, ou seja área de 12,5 m^2 (vide Figura 2). Dentro de cada parcela foram definidas sub-parcelas de 1 m de largura por 1,75 m de comprimento, contendo 4 linhas de plantas, com espaçamento entre plantas de 0,25 X 0,25 m, contendo no total 28 plantas, sendo 10 plantas úteis e 18 plantas como bordadura (vide Figura 3). Estas sub-parcelas foram utilizadas para a determinação dos parâmetros de crescimento.

Foram realizadas colheitas manuais para as amostragens durante o período de crescimento da cultura.

A primeira amostragem foi realizada aos 11 dias após o transplante das mudas, data do início da aplicação diferenciada de água. As amostragens seguintes foram realizadas aos 22, 27, 32 e 36 (colheita final) dias do transplante das mudas. Foram coletadas amostras de uma sub-parcela escolhida aleatoriamente dentro de cada repetição.

Na colheita final, com a alface no ponto de comercialização, foi utilizada uma sub-parcela de 1 m de largura por 2 m

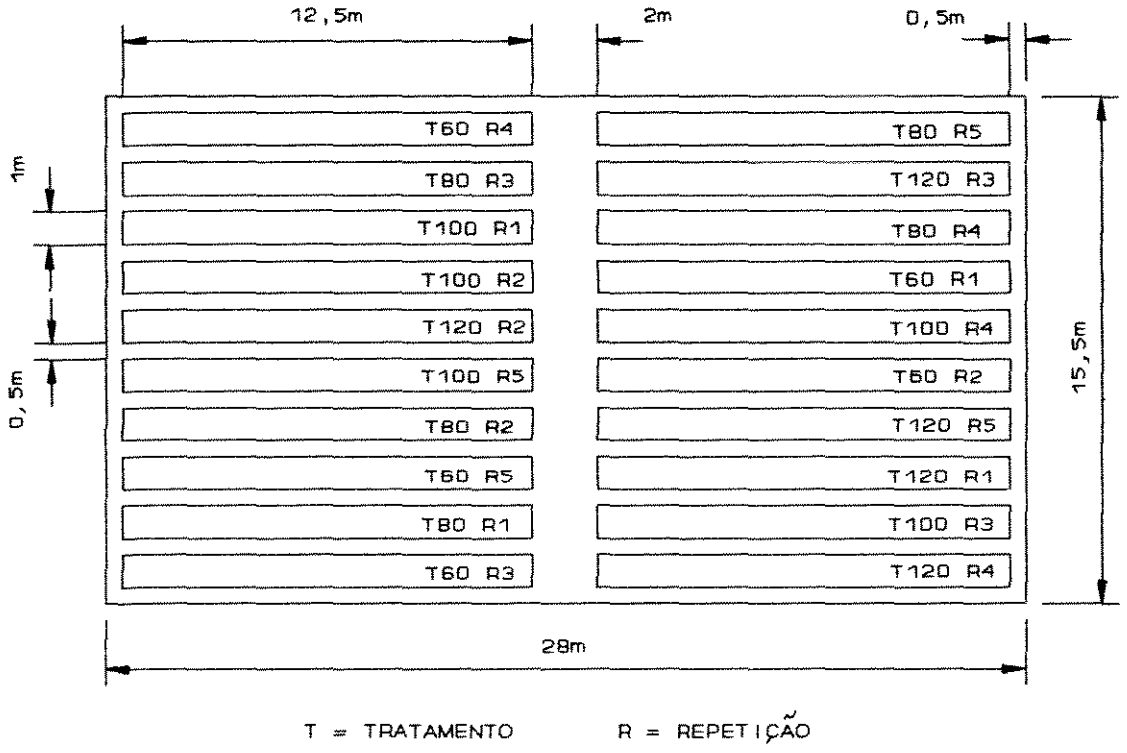

Figura 2 - Distribuição dos tratamentos e suas repetições.

de comprimento de cada repetição, já previamente definida por sorteio, para a análise da produtividade e qualidade.

3.4. Equipamento e manejo da irrigação

Foi utilizado no experimento um equipamento de irrigação por gotejamento, com cabeçal de controle constituído por um conjunto de moto-bomba, marca Worthington D820 e sistema de filtragem, composto de filtro de areia e filtro de tela metálica, ambos da marca Dantas.

Um esquema geral do sistema de irrigação é apresentado na

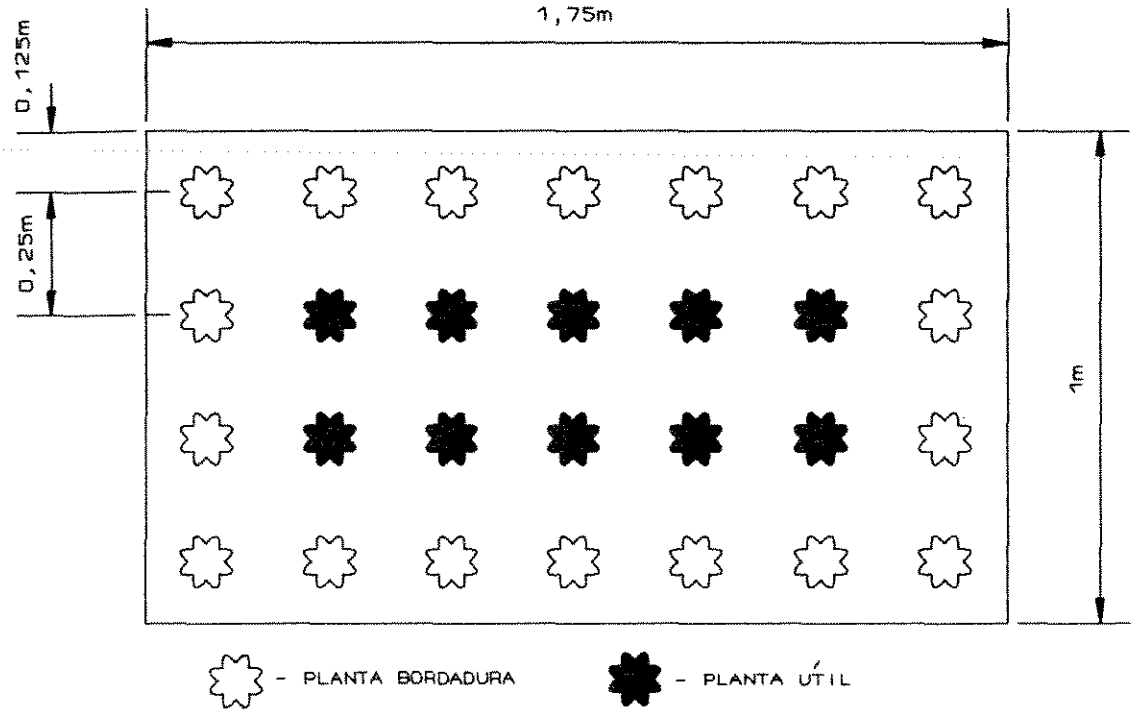

Figura 3 - Detalhe da sub-parcela experimental.

Figura 4. Do cabeçal de controle, a água era conduzida às linhas de sub-ramais de 32mm (1 1/4"), por meio de uma linha mestre de 50mm (2"). Um hidrômetro foi instalado na linha mestre para monitorar o volume de água aplicado.

Na entrada de cada sub-ramal foram instalados um registro de gaveta e um regulador de pressão, marca Fabrimar, com pressão de saída de aproximadamente 138kPa (20 psi). O sistema de irrigação era constituído de dois sub-ramais, contendo 10 canteiros cada.

Cada canteiro apresentava duas linhas laterais de

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

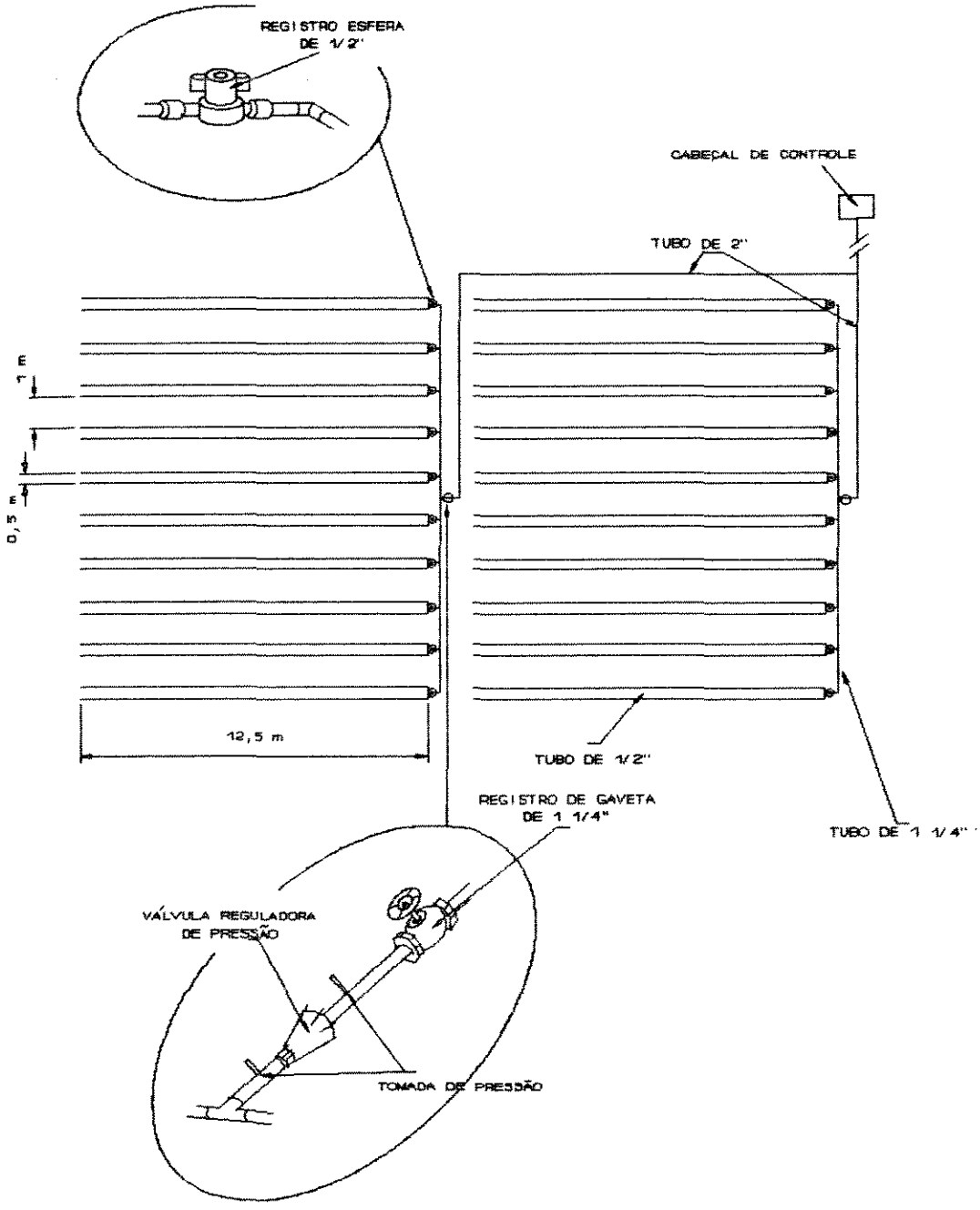

Figura 4 - Esquema geral do sistema de irrigação.

polietileno flexível de 13mm (1/2"), espaçadas entre si de 0,50m. O controle da irrigação de cada canteiro era feito através de um registro de esfera instalado na sua entrada. Inseridos na linha lateral, foram utilizados gotejadores auto-compensantes, da marca Katif, com vazão de 2,30 l/h, espaçados de 0,40 m.

Os espaçamentos entre gotejadores e entre linhas laterais dentro do canteiro, foram determinados através de testes preliminares realizados na área do experimento, observando a distribuição da água no solo, visualmente, após 1, 2 e 3 horas de funcionamento do gotejador.

Durante 11 dias, após o transplante, foram realizadas irrigações diárias por gotejamento, com a mesma quantidade de água para a adaptação das mudas no campo. No dia 28 de outubro de 1991, com o solo à capacidade de campo, iniciaram-se os tratamentos diferenciados de lâmina de água. As irrigações, com frequência diária, eram realizadas no período da manhã, a partir das 8 horas.

O controle das irrigações foi baseado na evaporação diária do tanque "Classe A". A lâmina de água diária a ser aplicada foi calculada considerando-se a percentagem da evaporação diária, definida para cada tratamento, a vazão nominal do gotejador, o espaçamento entre gotejadores e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação. A uniformidade foi de 95%, determinada em teste de campo, utilizando-se a metodologia proposta por MERRIAN et al. (1971).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Conhecida a evaporação diária, as diferentes lâminas de água, para cada tratamento, eram aplicadas através de diferentes tempos de funcionamento das linhas laterais dos canteiros.

3.5. Avaliação do desenvolvimento da cultura

3.5.1. Parâmetros de crescimento

Foram realizadas seis colheitas durante o desenvolvimento da cultura para avaliação, sendo a primeira colheita realizada no momento do transplante.

Os seguintes parâmetros de crescimento foram determinados: altura, massa fresca, número de folhas, área foliar e massa seca.

Todas as coletas foram realizadas no período da manhã e as medidas, com excessão da massa seca, foram realizadas no mesmo dia. Nas datas de colheita, as plantas, determinadas por sorteio dentre as plantas úteis de uma sub-parcela, escolhida aleatoriamente, foram cortadas ao nível do solo e colocadas em saco plástico selado, para prevenir a perda de umidade. Tomou-se, nas duas primeiras datas de colheita, 10 plantas por canteiro e, nas restantes, 3 plantas por canteiro.

As plantas foram levadas ao Laboratório de Armazenagem e Conservação de Perecíveis da FEAGRI e determinadas as medidas de altura e massa fresca. A altura das plantas foi medida colocando-se a planta sobre régua graduada, com precisão de

1mm, medindo-se a partir da base da planta até a altura máxima das folhas. A massa fresca foi determinada, inicialmente, em balança analítica, marca Marte, com capacidade para 200 g e precisão de 0,001 g e, posteriormente, em balança semi-analítica, marca Stanton, com capacidade para 1.500 g, com precisão de 0,01 g.

As determinações de número de folhas e área foliar foram realizadas no laboratório do Centro de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da UNICAMP. Foram consideradas para as medições as folhas com altura igual ou superior a 1cm. Para o transporte até o local, as plantas foram recolocadas em sacos plásticos selados e conservados em recipientes isolantes com gelo.

As plantas das amostragens foram desfolhadas para contagem do número de folhas e determinação da área foliar. Utilizou-se um medidor de área foliar portátil, da marca Lambda-Licor modelo LI-3000, com precisão de 0,01 cm^2. É um equipamento eletrônico, integrador optico de área. As folhas são inseridas no aparelho através de uma pequena esteira, até a "unidade sensível", que ativa o controle da leitura da área. A leitura se dá pelo princípio de obstrução da passagem de luz pela folha.

Posteriormente às medições, as plantas foram levadas ao Laboratório de Matérias Primas, da FEAGRI. As plantas eram acondicionadas em bandejas de alumínio e postas a secar em estufa de ar forçado a 80°C. Decorridas 24 horas de secagem,

fez-se a primeira pesagem, retornando o material à estufa até verificar que a sua massa permanecia constante e então determinada a matéria seca.

Após a determinação dos parâmetros de crescimento, foi realizada uma análise de variância para verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa computacional SAS[3].

3.5.2. Análise de crescimento

A partir dos parâmetros de crescimento determinados, foram calculados os vários índices fisiológicos : taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e taxa de crescimento da cultura (TCC), conforme as equações de (1) a (4), apresentadas no item 2.5.

Os valores dos índices fisiológicos calculados são médias dos intervalos entre amostragens, conforme refere-se HUNT (1979). Estes parâmetros foram analisados separadamente para se determinar a influência de diferentes lâminas de água aplicadas, durante o desenvolvimento da cultura da alface.

3.5.3. Análise da produtividade e qualidade

No ponto de consumo foi determinada a produtividade da alface (peso médio/m^2 e peso médio das plantas).

---

[3] SAS (Statistical Analysis System) versão 6.03, 1988.

A qualidade da alface foi determinada utilizando-se a classificação comercial da CEAGESP. Esta classificação utiliza o engradado número III de madeira, de dimensões internas de 600 mm de comprimento, 450 mm de largura e 360 mm de altura, segundo a Portaria N^{0}127, da CEAGESP, de 04 de outubro de 1991, que normaliza as embalagens[4].

Segundo a classificação, as alfaces podem ser acondicionadas em duas ou três camadas, dependendo do grupo. A alface tipo de "cabeça" com folhas lisas ("manteiga") e a repolhuda americana utilizam três camadas de planta. A alface lisa pode apresentar 36, 45, 48, 60 ou 72 pés por engradado; sendo 36 e 48 os mais comuns. A repolhuda americana pode ter 18, 24 e 36 pés por engradado.

Na alface crespa, tipo "folha" são utilizadas duas camadas, com 18, 24, 32 e 40 pés por engradado.

No caso do presente trabalho, com alface "Floresta", foi utilizada a classificação que normalmente se faz para a alface lisa.

---

[4] Diário Oficial da União, 9 de outubro de 1991.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados gerais e irrigação

Os dados de evaporação, precipitação e temperatura, no período de setembro a novembro de 1991, são apresentados na Figura 5.

Durante a fase de formação das mudas (de 16 setembro a 17 de outubro), no viveiro, as precipitações foram elevadas e houve grande oscilação de temperatura do ar, com períodos de alta temperatura intercalados com de baixa (Fig. 5). Nesta fase observou-se, também, períodos de baixa evaporação. Esta situação poderia ter sido prejudicial ao ensaio, se este tivesse sido conduzido, desde o início, no campo. Pouco antes do transplante (17 de outubro), a temperatura apresentou aumento acentuado, estabilizando-se em valores elevados para a época do ano, que associado à escassez de chuvas e aos valores elevados de evaporação, mantiveram, em nível elevado, as necessidades de irrigação.

Os resultados de lâmina de água aplicada nos tratamentos e a evaporação do tanque "Classe A" (tratamento T100) são apresentados na Figura 6.

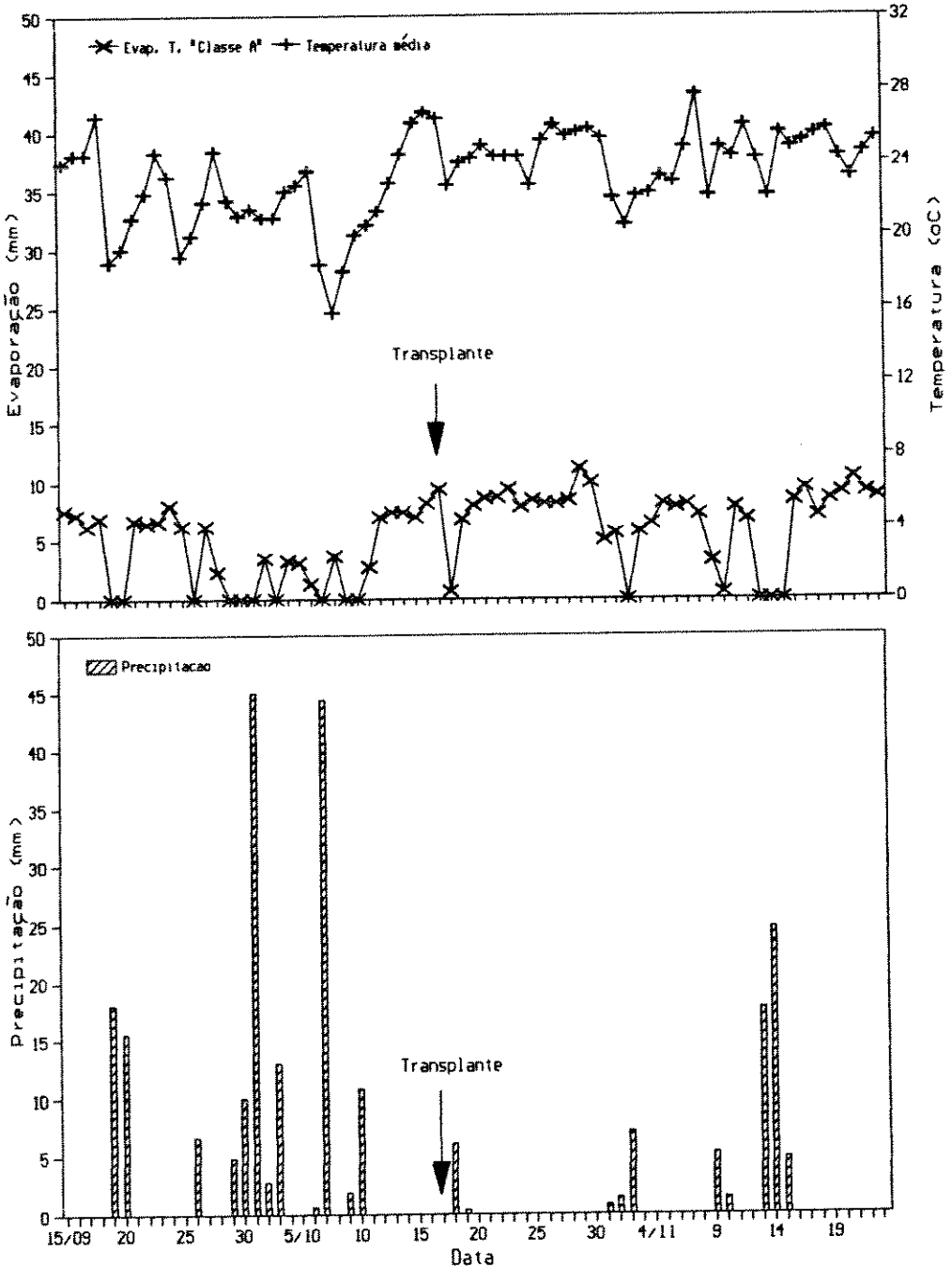

Figura 5 - Valores diários de precipitação, evaporação do tanque "Classe A" e temperatura média do ar, no período de setembro a novembro de 1991 (Dados do posto agrometeorológico da FEAGRI - 1991).

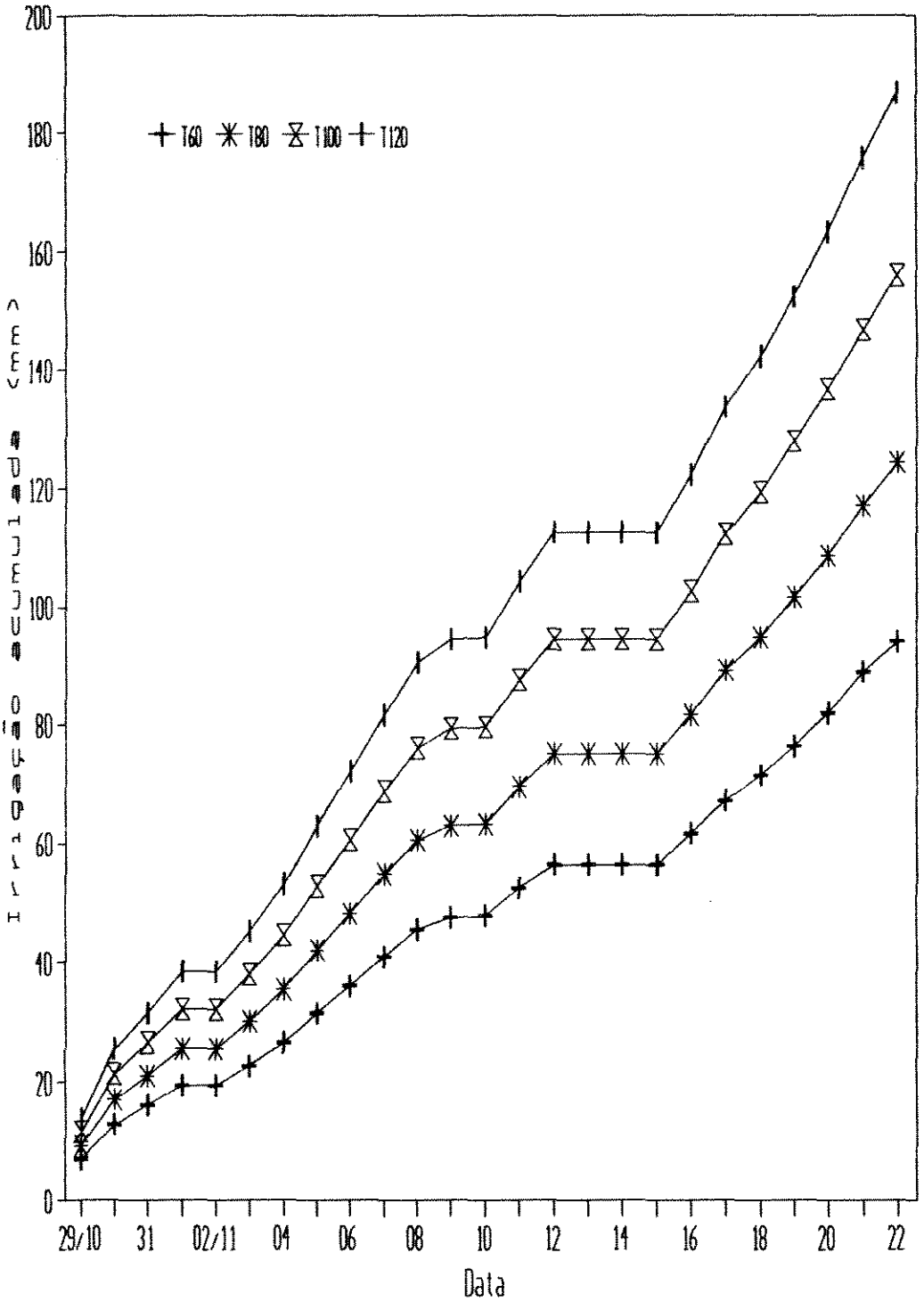

Figura 6 - Lâmina de água acumulada aplicada nos tratamentos de irrigação de alface, no período de outubro a novembro de 1991.

Houve pequena diferenciação entre as lâminas de água aplicadas no início da imposição dos tratamentos. No entanto, elas foram se acentuando no transcorrer do ensaio, atingindo valores, aproximadamente, de 94, 124, 156 e 187mm, respectivamente, nos tratamentos T60, T80, T100 e T120. Houve uma diferença, aproximada, de 100% do tratamento T120, em relação ao tratamento com a menor aplicação de lâmina de irrigação. Isto indica que ocorreu uma ampla variação de umidade para o crescimento da alface.

4.2. Parâmetros de crescimento

Os resultados médios experimentais referentes a altura, massa seca total, massa fresca total, número de folhas e área foliar, nas amostragens de 11, 22, 27, 32 e 36 dias após o transplante, são apresentados nas Tabelas de 4 a 8, no Anexo 1.

4.2.1. Altura

Os dados médios de altura, nas cinco datas de amostragem, ao longo do período de crescimento da alface, são apresentados na Figura 7. No Anexo 2, as Tabelas de 9 a 13, apresentam as análises de variância para a altura.

Não foi constatada diferença significativa entre tratamentos, ao nível de 5%, para todas as datas de amostragem. Coeficientes de variação de 5,8 a 13,2% mostram que os dados

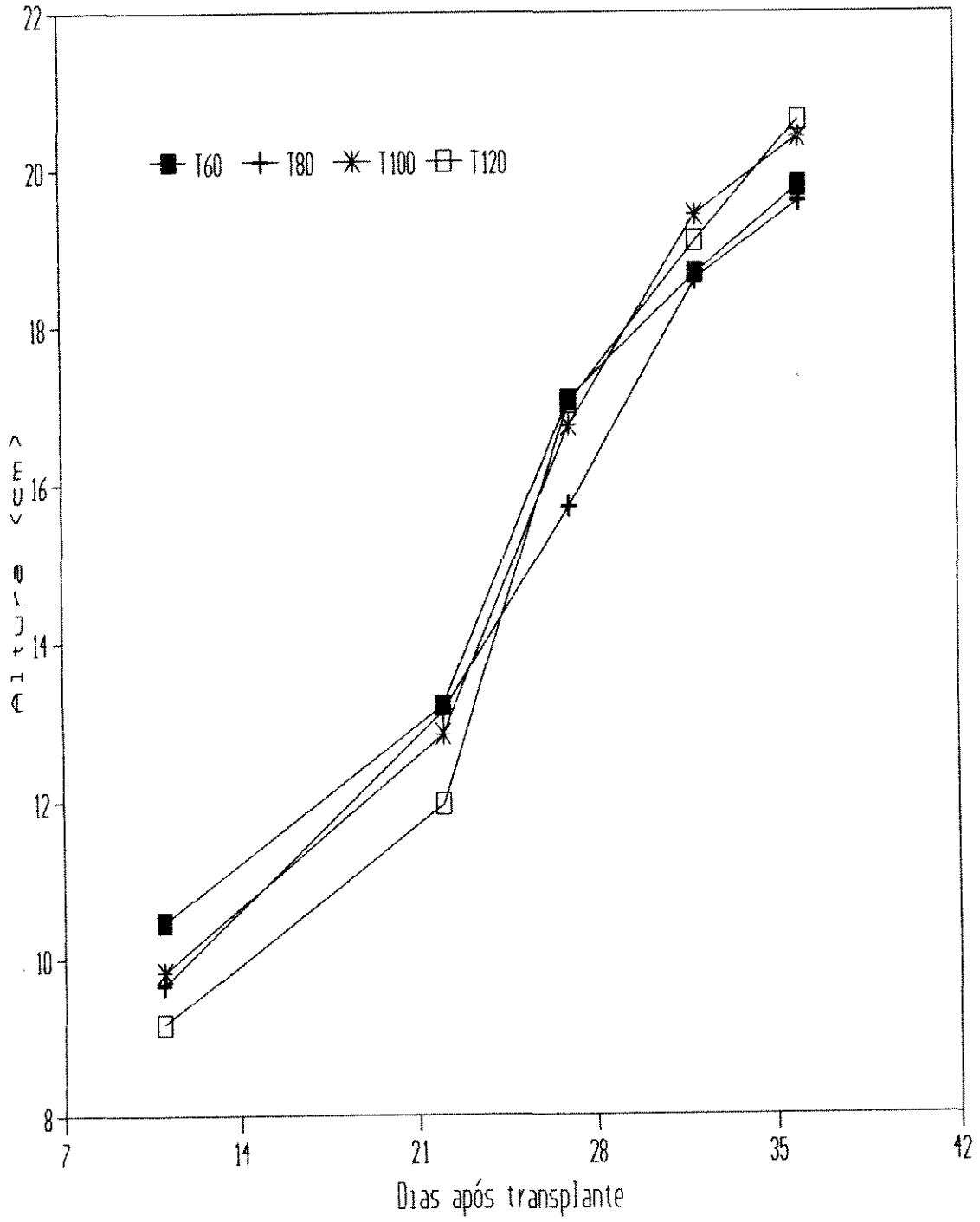

Figura 7 - Altura média, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.

apresentaram variabilidade, relativamente, baixa.

Na Figura 7, a ordem das médias dos tratamentos se alternaram nas datas de amostragem, com pequenas diferenças, indicando que a altura não apresentou efeito acentuado aos diferentes níveis de lâmina de água. Este resultado também foi observado por DEMATTÊ (1972). Embora este parâmetro seja quase sempre medido, devido à sua facilidade de obtenção, existe uma certa unanimidade entre autores em considerar a altura como um parâmetro pouco relacionado à produção, apesar de ser afetado pela umidade do solo. Este fato é observado no presente trabalho, especialmente após o período de grande extensão das folhas, ocorrido no meio ao final do ciclo da cultura.

4.2.2. Massa seca total

Na Figura 8, estão apresentados os dados médios de massa seca total, nas cinco datas de amostragem. No Anexo 2, as Tabelas de 14 a 19, apresentam a análise de variância para a massa seca total, para cada data de amostragem.

Observou-se diferença significativa, ao nível de 5%, na amostragem realizada aos 11 dias após o transplante (início dos tratamentos). O teste de Duncan (Tabela 15) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com a maior média pertencendo ao tratamento T60. Isto comprova a situação de não homogeneidade entre as parcelas, quando do início da aplicação dos tratamentos, apesar de serem visualmente uniformes. Para as

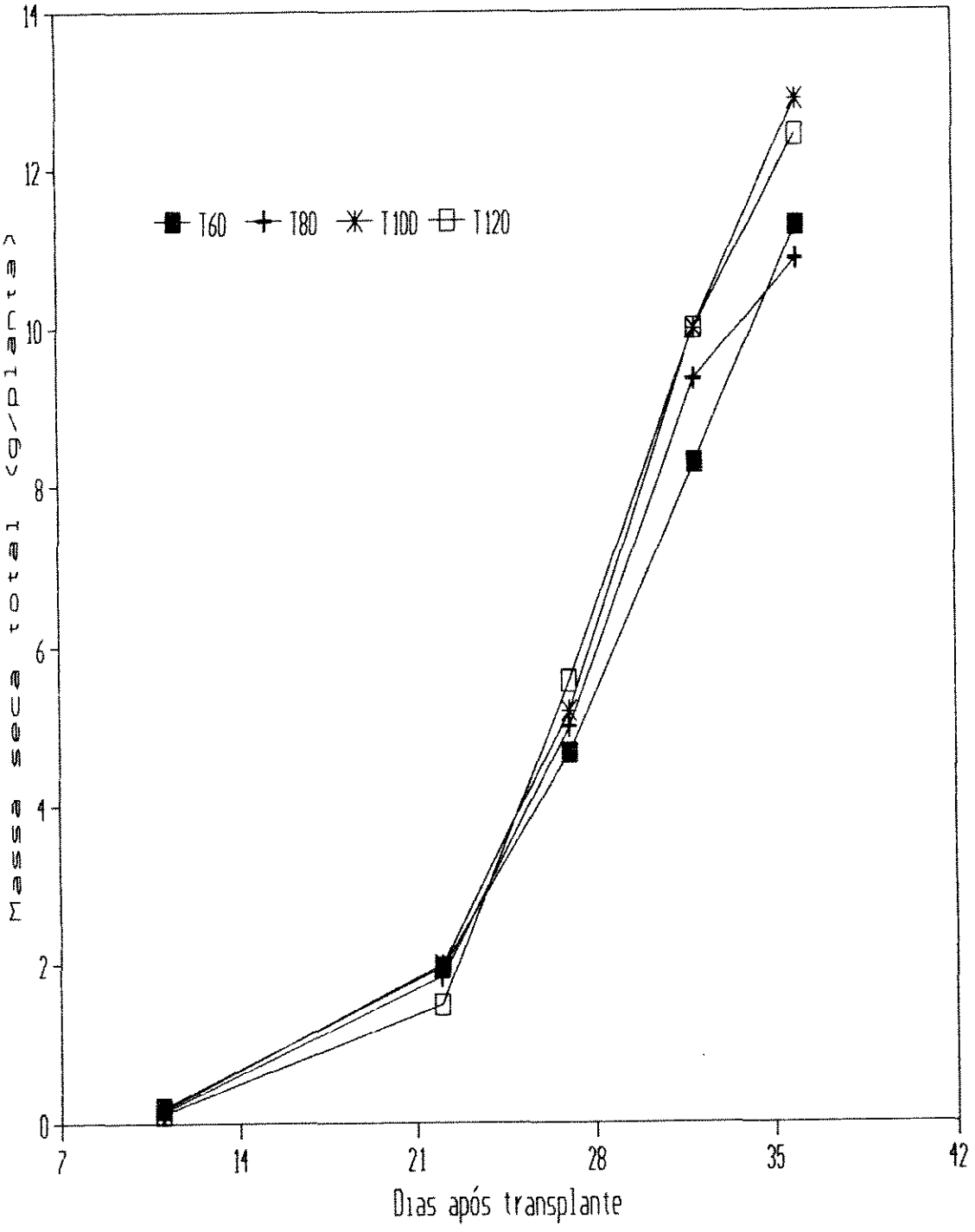

Figura 8 - Massa seca total, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.

demais datas de amostragem, a análise revelou não haver diferença significativa. Valores de coeficiente de variação, de 20 a 29%, evidenciam a alta variabilidade dos dados. Esse fato pode ser observado também em outros ensaios, como DEMATTÊ (1972), FORERO et al. (1979), entre outros, levando à conclusão que este é um fato intrínseco a essa cultura.

A taxa de ganho de massa seca foi pequena na fase inicial de crescimento (de 11 a 22 dias após o transplante), comparada ao período dos 22 dias aos 32 dias, quando houve ganho acentuado. A partir dos 32 dias, a taxa de ganho de massa seca foi quase constante, em relação ao período anterior. Excessão ao tratamento T80, que mostrou maior variação nos resultados médios.

Nas amostragens aos 27 e 32 dias, os maiores valores de massa seca total foram obtidos com as maiores lâminas de água de irrigação, superando a condição observada no início dos tratamentos (11 e 22 dias). A partir dos 32 dias, observou-se a inversão nos valores, entre os tratamentos T120 e T100 e entre os tratamentos T80 e T60. Os maiores valores de massa seca foram obtidos no ponto de colheita, com o máximo do tratamento T100, seguido dos T120, T60 e T80, nesta ordem. A massa seca total, no ponto de colheita, variou de 11 a 13 g por planta, respectivamente nos tratamentos T80 e T100.

4.2.3. Massa fresca total

Os dados médios de massa fresca total, nas cinco datas de amostragem, são apresentados na Figura 9. Apesar das curvas serem típicas e similares as de acúmulo de matérica seca, elas apresentaram-se com maiores diferenças entre tratamentos, principalmente no final do ciclo. As diferenças obtidas com matéria seca total foram menores que as com matéria fresca. Este fato pode ter sido devido ao efeito do ambiente na hora da colheita, apesar desta ter ocorrido sempre no mesmo horário.

O efeito das diferentes lâminas de água, aplicadas pela irrigação por gotejamento, sobre a massa fresca total, para cada data de amostragem, foi verificado pela análise de variância (Tabelas de 20 a 24, Anexo 2). Similar aos resultados de matéria seca, a análise de variância não mostrou diferença significativa entre os tratamentos, para todas as datas de amostragem , ao nível de 5%, possivelmente devido ao alto coeficiente de variação, de 22 a 32%. Entretanto, na Tabela 18, correspondente à amostragem realizada aos 11 dias após o transplante (início da aplicação dos tratamentos), observou-se que o nível de significância (PR>F) foi de 5,3%. A este nível, houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos T60 e de T120, com a maior média pertencendo ao primeiro tratamento. Isto evidenciou a situação de não homogeneidade entre as parcelas, no início da aplicação dos tratamentos.

Na Figura 9, observou-se que de 11 a 22 dias após o

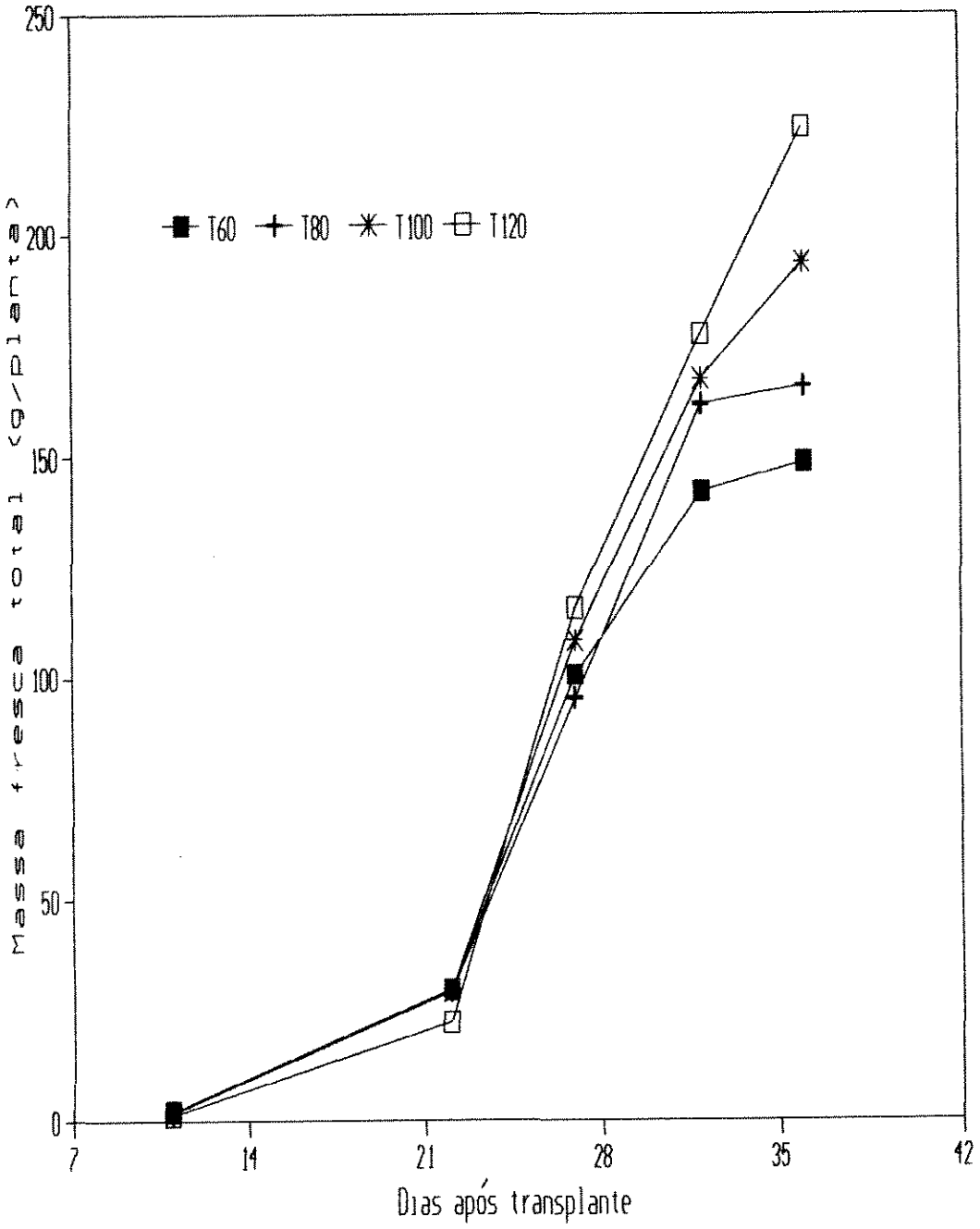

Figura 9 - Massa fresca total, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.

transplante, o ganho em massa fresca foi pequeno, comparada ao período subsequente, dos 22 a 32 dias após o transplante, quando o ganho foi acentuado. A partir dos 32 dias, as curvas de crescimento podem ser divididas em dois grupos de comportamento distintos, ou seja, um primeiro grupo dos tratamentos T60 e T80 e um segundo grupo dos tratamentos T100 e T120. Possivelmente o segundo grupo seja sem ocorrência de estresse hídrico e, caso tenha havido excesso de água, ele não deve ter sido tão prejudicial ao crescimento.

Um comportamento diferencial entre as curvas de massa fresca total foi observado em relação às curvas de massa seca total (Figura 8). Enquanto já havia uma tendência de nivelamento da matéria fresca, as curvas de matéria seca mostraram-se ainda em acumulação próxima da linear, no período anterior à colheita.

Observou-se que quanto maior a lâmina de água aplicada, maior o valor de massa fresca total produzida. Este fato é evidenciado pelo comportamento das curvas dos tratamentos de T60 a T120, na Figura 9. Apesar do tratamento T120 ter iniciado com valor de massa fresca inferior, a partir, aproximadamente, dos 24 dias após o transplante, houve recuperação no ganho de peso, superando então, sistematicamente todos os outros tratamentos, em média. O valor máximo e as maiores diferenças entre as massas frescas ocorreram no ponto de colheita. Não houve diferença estatística entre os tratamentos, apesar das plantas mostrarem, próximo da colheita, diferença de tamanho.

A tendência mostrada nas curvas de crescimento corroboram com essa afirmação. O maior valor de massa fresca total média, no ponto de colheita, foi obtido com o tratamento de maior lâmina de água aplicada, estando de acordo com os resultados obtidos por SIMÃO (1955), DEMATTÊ (1972), DIAZ (1977) e FORERO et al. (1979).

A massa fresca total, no ponto de colheita, variou de 149 a 224 g por planta, entre os tratamentos T60 e T120, uma diferença de cerca de 50%, em relação ao menor tratamento. Aplicou-se de 94 a 187 mm de água, nestes tratamentos, uma diferença próxima de 100%. Foram utilizados, respectivamente, cerca de 630 a 835 mm de lâmina de água de irrigação para se obter 1 kg de massa fresca.

De uma forma geral, aproximadamente, de 80% a 90% da massa fresca total foi produzida nas duas semanas anteriores à colheita, sendo que de 32% a 48% foram produzidos nos 9 dias anteriores à colheita. As maiores percentagens foram obtidas pelas maiores lâminas de água.

Na fase final do desenvolvimento da alface, principalmente na semana anterior à colheita, o nível da lâmina de água aplicada influenciou diretamente a sua produção. Resultado este concordante com os obtidos por SALE (1966).

4.2.4. **Número de folhas**

Os dados médios de número de folhas por planta, nas cinco

datas de amostragem, são apresentados na Figura 10.

Nas Tabelas de 25 a 29, Anexo 2, são apresentadas as análises de variância deste parâmetro. Para todas as datas de amostragem, não se verificou diferença significativa entre os tratamentos, ao nível de 5%. Foram observados, também, valores relativamente baixos de coeficiente de variação, de 4,6 a 16,2%, mostrando menor variabilidade dos dados.

Pela Figura 10, observou-se que o aumento do número de folhas por planta foi, praticamente, constante, até os 32 dias após o transplante. A partir dos 32 dias, entretanto, o número de folhas para o tratamento de T120 se manteve em crescimento, ao contrário dos demais tratamentos, em que os ganhos foram reduzidos. O desenvolvimento de folhas novas, à uma taxa quase constante, é, em parte, concordante com os resultados obtidos por ZINK, YAMAGUCHI (1962).

A partir, aproximadamente, dos 30 dias, observou-se que os maiores valores de número de folhas por planta foram obtidos com as maiores lâminas de água aplicadas. O máximo valor e as maiores diferenças entre tratamentos, ao longo do ciclo, ocorreram no ponto de colheita. Nesta data, o número de folhas por planta variou, aproximadamente, de 52 a 63 folhas por planta, respectivamente nos tratamentos T60 e T120.

Tal comportamento sugere que, embora não fosse encontrada diferença significativa entre os tratamentos, nas datas de amostragem, a partir dos 30 dias após o transplante, o nível de lâmina de água aplicada influenciou no número de folhas por

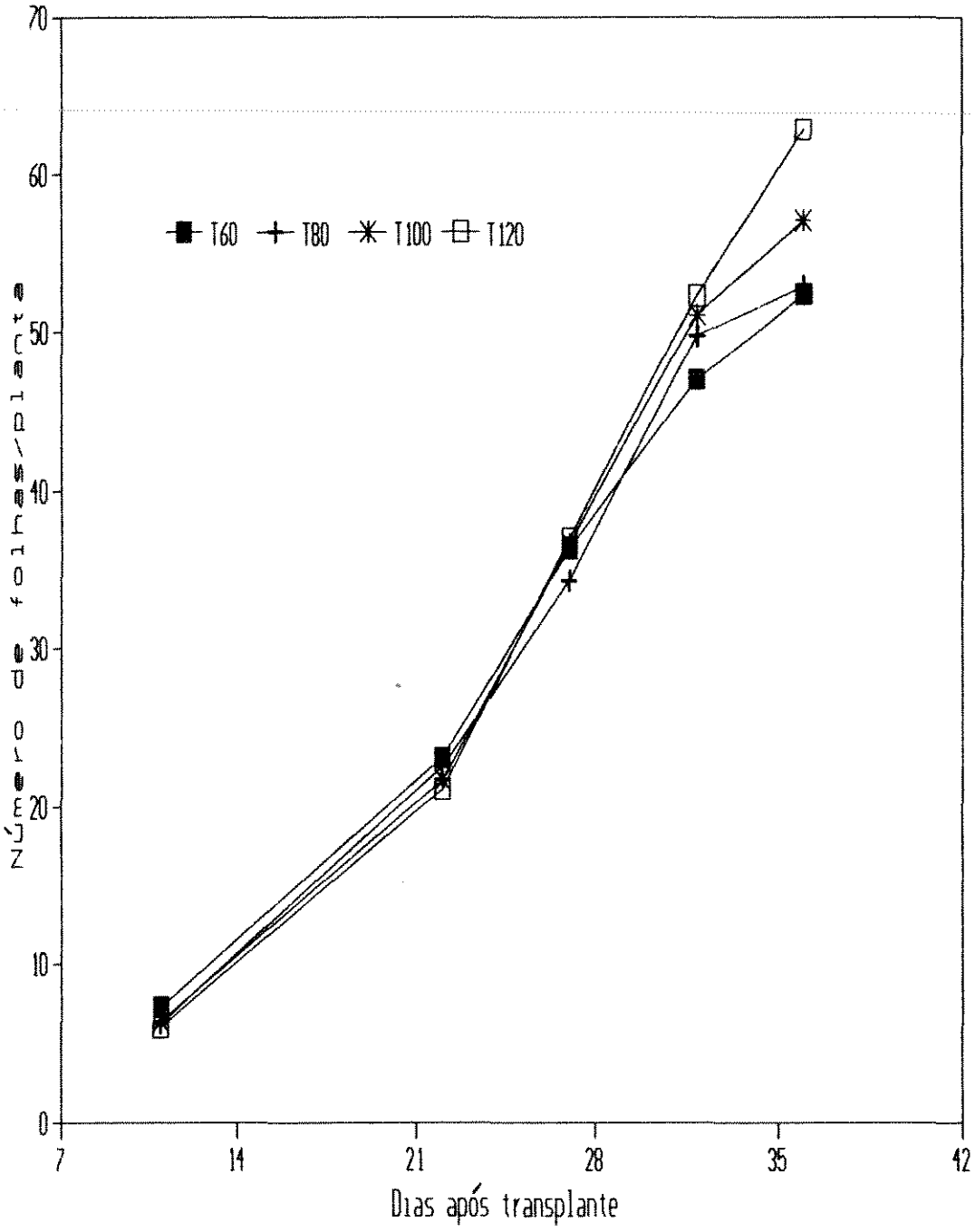

Figura 10 - Número de folhas por planta, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.

planta, principalmente, na semana anterior à colheita.

4.2.5. Área foliar

Os dados médios de área foliar por planta e de índice de área foliar (IAF), nas cinco datas de amostragem, são apresentados na Figura 11.

Nas Tabelas de 30 a 35, Anexo 2, são apresentadas as análises de variância para a área foliar. Na amostragem aos 11 dias após o transplante (início dos tratamentos), observou-se diferença significativa, ao nível de 5%, entre os tratamentos. O teste de Duncan (Tabela 31) mostrou diferença significativa entre os tratamentos de T60 e os demais, comprovando a não homogeneidade entre as parcelas, no início. Para as demais datas de amostragem, as análises revelaram não haver diferença significativa entre tratamentos. Foi constatado, também, alta variabilidade dos dados, com valores de coeficiente de variação de 20% a 27%, pouco menores que para outros parâmetros.

Na Figura 11, observou-se para os diferentes tratamentos, comportamento típico de crescimento ao longo do tempo, comportamento este concordante com o obtido por ZINK, YAMAGUCHI (1962), sendo que a colheita foi realizada quando a área foliar atingiu, mais ou menos, seu máximo. Na fase inicial do crescimento (11 e 22 dias após o transplante), o aumento de área foliar por planta foi pequeno, comparado ao observado aos 22 e 32 dias, quando houve um ganho acentuado. A partir dos 32 dias,

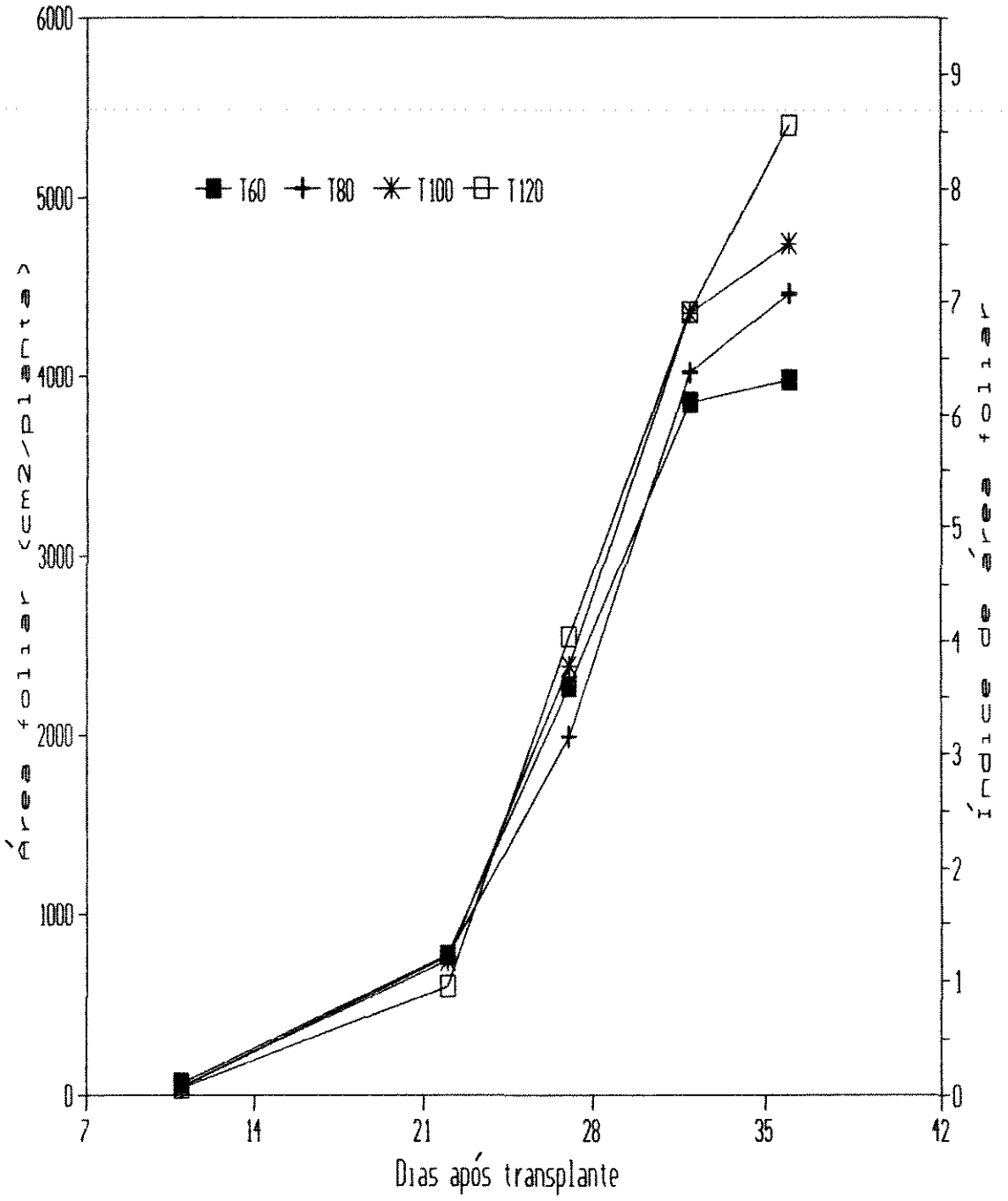

Figura 11 - Área foliar média, ao longo do tempo, para quatro tratamentos de irrigação em alface.

o ganho de área foliar foi reduzido. Somente o tratamento T120, apresentou tendência de aumento próxima ao do período anterior.

A partir, aproximadamente, dos 30 dias, os maiores valores de área foliar foram obtidos com as maiores lâminas de água aplicadas, superando a condição observada no início dos tratamentos. Esse comportamento sugere que anterior a essa data não houve efeito evidente dos tratamentos.

O valor máximo e as maiores diferenças, ao longo do ciclo, entre tratamentos, ocorreram no final, no ponto de colheita. Neste ponto está se colhendo área foliar. Portanto, é desejável que a colheita seja realizada quando se atingir o ponto máximo de área foliar. Pode-se inferir, de acordo com a tendência apresentada pelas curvas, que as plantas do tratamento T60 estavam prontas para colher e as plantas do T120 poderiam esperar alguns dias, aumentando a sua área foliar. No ponto de colheita, a área foliar por planta, variou de 3.982 cm^2/planta a 5.395 cm^2 (o índice de área foliar de 6,4 a 8,6), entre os tratamentos, uma diferença de 35%, aproximadamente. A área média de cada folha variou de 77 cm^2/folha a 86cm^2, entre tratamentos, uma diferença de cerca de 12%. O número de folhas por planta variou de cerca de 52 a 63 folhas/planta, ou seja, uma diferença de 21%. Portanto, o aumento da área foliar e, por conseguinte, do índice de área foliar deveu-se mais ao aumento do número de folhas/planta do que ao aumento da área/folha. Fato esse que corrobora com a idéia de se retardar a colheita do tratamento T120, ainda em crescimento.

Esse comportamento sugere que, no período próximo à colheita, embora não fosse encontrada diferença significativa entre os tratamentos, o nível da lâmina de água aplicada influenciou diretamente na área foliar. A área foliar teve comportamento muito semelhante ao da massa fresca total, sugerindo que estes dois parâmetros apresentariam alta correlação.

4.2.6. Discussão

Os parâmetros de crescimento (massa fresca total, massa seca total, área foliar e número de folhas) apresentaram o efeito das diferentes lâminas de água de irrigação, principalmente, na fase final do desenvolvimento da alface. O aumento da massa fresca total foi acompanhada pelo aumento da massa seca total, da área foliar e do número de folhas. Entretanto, observa-se pelo comportamento das curvas, que a massa fresca total foi influenciada, principalmente, pela área foliar. Da mesma forma, seria concordante dizer que o aumento da massa fresca total, no final do ciclo, possivelmente, pode ter sido muito influenciada pela umidade do solo no momento da colheita, da perda de água entre a colheita e pesagem, apesar de todos os cuidados tomados na hora da colheita (item 3.5.1).

Dentre os parâmetros estudados, a altura foi o único que não apresentou efeito acentuado do nível de lâmina de irrigação.

A diferenciação do crescimento, entre os tratamentos,

permitiu definir a existência de períodos distintos de necessidade de água pela planta. A pouca resposta inicial aos tratamentos e maior no final do ciclo, indicam variação de sensibilidade ao "deficit" hídrico ou no consumo diferencial de água no decorrer da cultura. Até os 22 dias após o transplante, poderiam ser aplicadas as menores lâminas de água, por exemplo T60 ou T80. Na fase final do desenvolvimento, poderia ser aplicadas as maiores lâminas de água (T100 ou T120), pois este período apresentou as maiores respostas, à lâmina de água aplicada.

4.3. Análise de crescimento

Os cálculos dos índices de crescimento foram feitos pelos valores das amostragens.

4.3.1. Taxa média de crescimento da cultura ($\overline{TCC}$)

A Figura 12 apresenta a taxa média de crescimento da cultura, calculadas para os diferentes tratamentos, ao longo do ciclo.

A TCC nada mais é que a taxa de produção primária (fitomassa), muito similar ao ganho líquido em fotossíntese (BENINCASA, 1988). Para todos os tratamentos, a TCC aumentou até o período de 27 a 32 dias após transplante (DAT). A seguir,

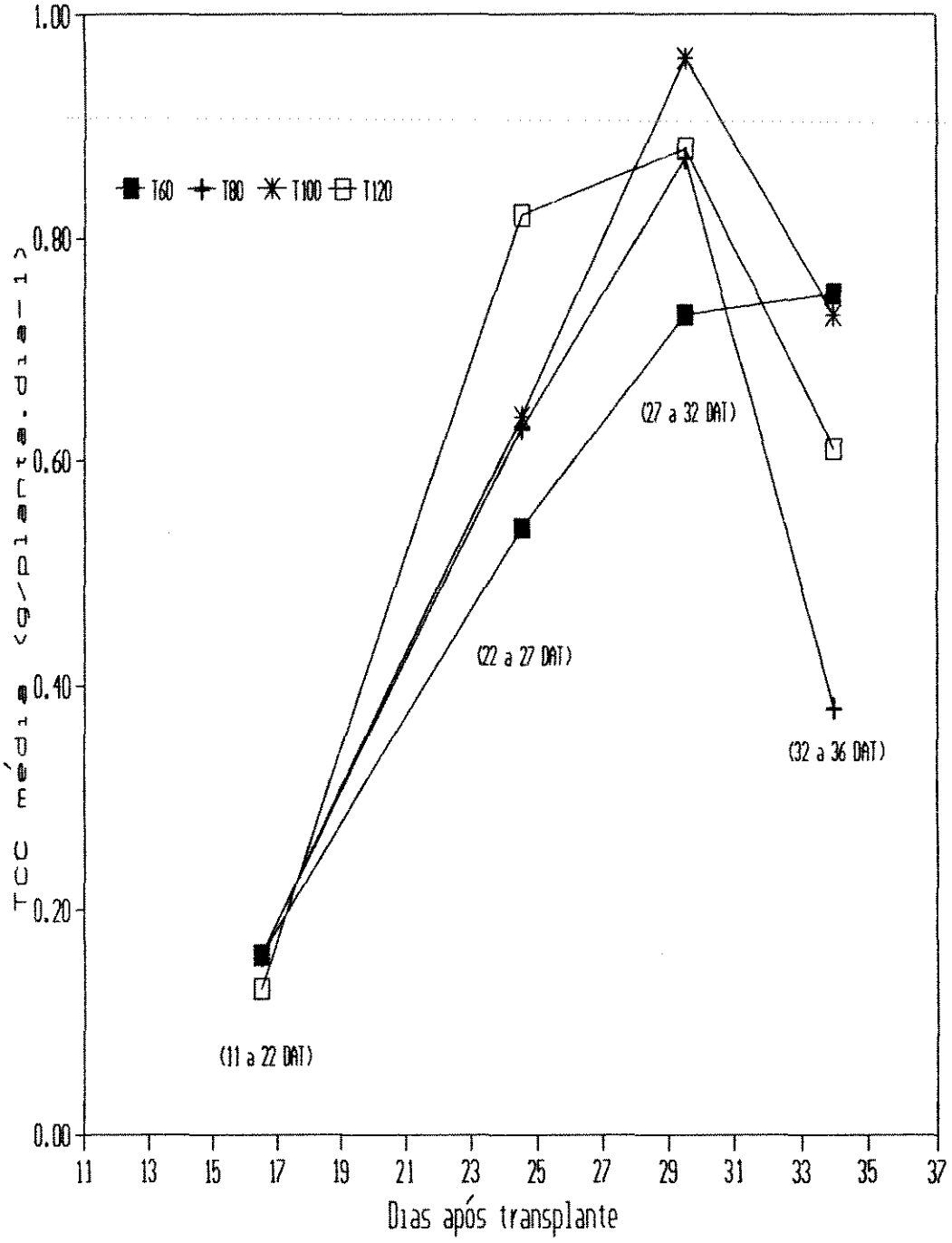

Figura 12 - Taxa média de crescimento da cultura da alface para quatro lâminas de irrigação.

ela diminuiu até a colheita final, com exceção do T60, que ainda apresentou uma tendência de aumento. Esse comportamento sugere que o crescimento das plantas do T60 sofreu um retardamento em relação aos demais e possivelmente poderia ter sua colheita retardada. Este resultado, no entanto, é discordante com o observado no item 4.2.5., a respeito da área foliar. As curvas apresentaram comportamento típico das curvas de TCC, como, por exemplo, os obtidos por ALVINO et al. (1990), com pimenta. A máxima TCC foi obtida pelo T100, com 0,96 g/planta.dia^{-1} (15,4g.m^{-2}.dia^{-1}) e o menor foi no T60, com 0,75 g/planta.dia^{-1} (12,0 g.m^{-2}.dia^{-1}). Houve uma diferença de 28%, em relação ao menor tratamento. Estes valores estão na faixa apresentada pela maioria das culturas (LOOMIS et al., 1971).

4.3.2. Taxa média de crescimento relativo ($\overline{TCR}$)

A Figura 13 apresenta a taxa média de crescimento relativo, calculada para os diferentes tratamentos, ao longo do ciclo.

Observou-se que a TCR foi elevada no início do ciclo, decaindo continuamente até o ponto de colheita. Com exceção do T120, cuja TCR máxima ocorreu de 22 a 27 DAT, os demais tratamentos apresentaram a máxima no início. Os dois primeiros valores de TCR, próximos da constante, do T120, indica que houve comportamento muito próximo da exponencial, neste

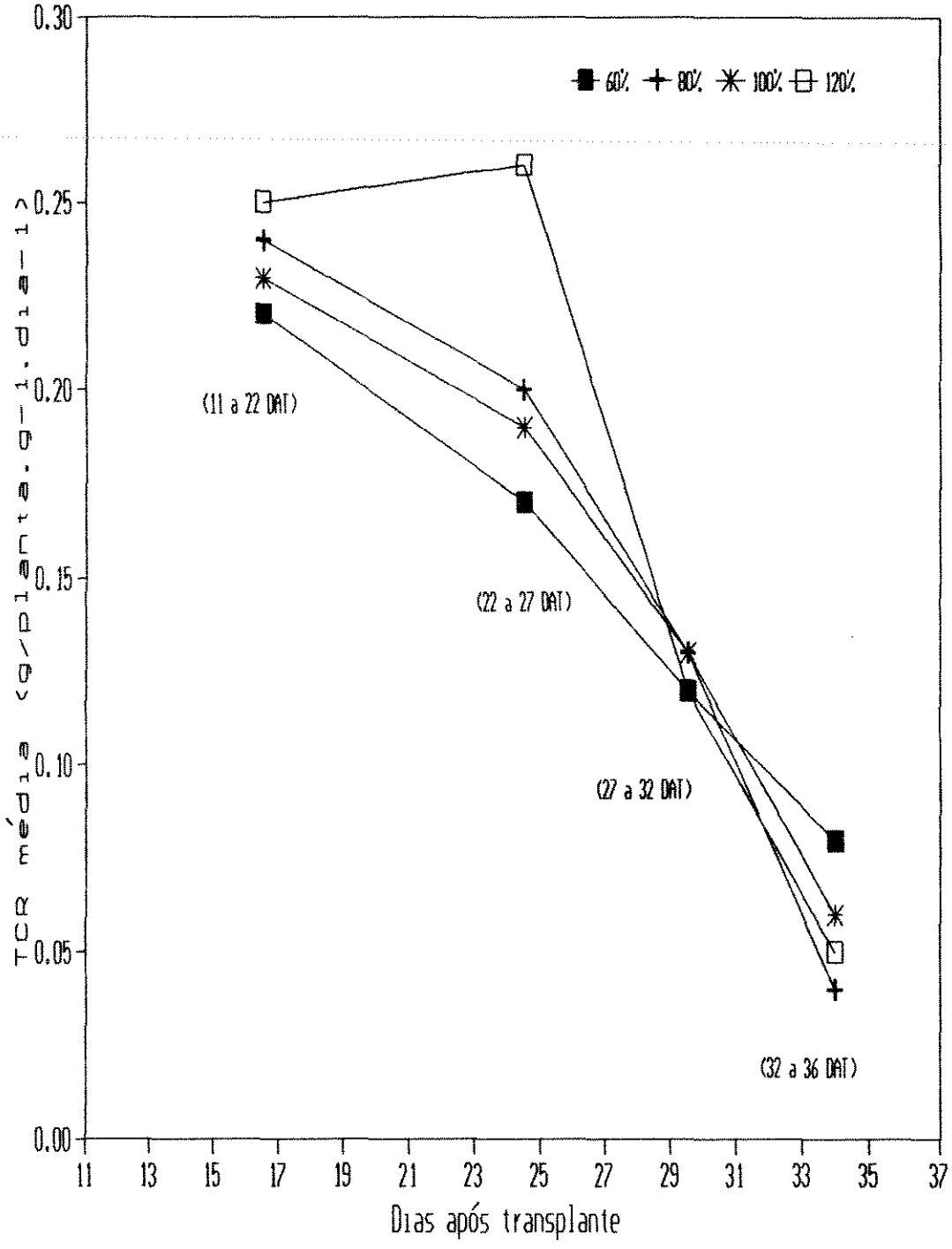

Figura 13 - Taxa média de crescimento relativo da alface para quatro lâminas de irrigação.

período, o que não foi observado nos outros tratamentos. Essa diferença de crescimento, resultado do manejo de água, é que permitiu maior ganho de peso do T120, no início do ciclo. A inexistência da fase exponencial típica das culturas (TCR constante) pode ser explicada por se tratar de cultura feita por transplantio.

TCR é a medida da eficiência de produção de nova matéria seca, baseada na já existente. De modo geral, ela foi decrescente ao longo de todo o ciclo da cultura, com poucas diferenças entre tratamentos de lâminas de água aplicadas.

4.3.3. Taxa média de assimilação líquida ($\overline{TAL}$)

A Figura 14 apresenta a taxa média de assimilação líquida, calculada para os diferentes tratamentos e períodos de tempo. Representa a TCC por unidade de área foliar (HUNT, 1978).

A TAL apresentou um comportamento similar à TCR, sendo elevada no início do ciclo, decaindo continuamente até o ponto de colheita da alface, com exceção observada no T120, em que o máximo valor ocorreu de 22 a 27 DAT. Fica evidente, pela Figura 14, que há uma forte diminuição da TAL, ao longo do ciclo. Apesar de existirem algumas diferenças entre tratamentos, elas pouco compensaram o efeito da idade na taxa de assimilação líquida da planta. Essa redução de TAL, ao longo do ciclo, é

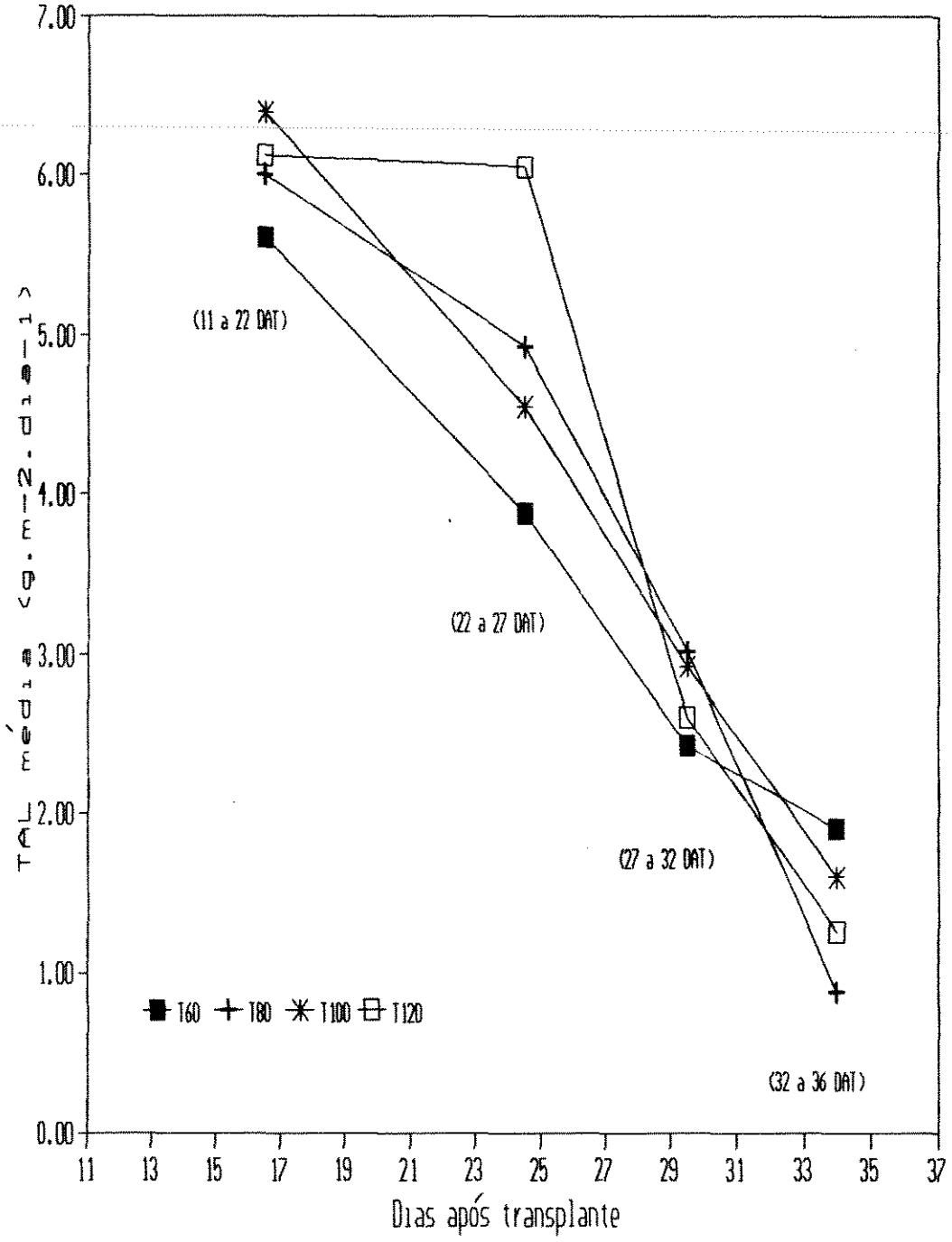

Figura 14 - Taxa média de assimilação líquida da alface para quatro lâminas de irrigação.

principalmente devido ao significativo aumento da área foliar, conforme as Figuras 11 e 12 e também observado em outras culturas (THORNE, 1960).

4.3.4. Razão de área foliar média ($\overline{RAF}$)

A Figura 15 apresenta a razão de área foliar média, calculada para os diferentes tratamentos no transcorrer do ensaio. A RAF representa a relação entre a área foliar da planta na matéria seca presente. Significa um balanço entre a parte produtiva da planta (tecido fotossintetizante) e a consumidora de energia (respiração) (THORNE, 1960; EVANS, 1972; HUNT, 1978).

Área foliar (AF) e Massa seca (MS) apresentaram crescimento ascendente durante todo o ciclo. Porém, a Figura 15 mostra que a RAF apresentou, em geral, valores máximos no período de 27 a 32 DAT, decaindo posteriormente. Os picos de RAF coincidem com o período de maior crescimento do número de folhas e da AF. Isto só vem comprovar a importância deste período na diferenciação entre tratamentos e na contribuição para a produção da cultura. No tratamento T80, os valores variaram pouco ao longo do ciclo, sempre de forma ascendente, com pequeno incremento, cerca de 0,18 $dm^2.g^{-1}$.

O fato de uma alta RAF ter ocorrido num dado período, sugere ter sido nesta época que a maior parte do material

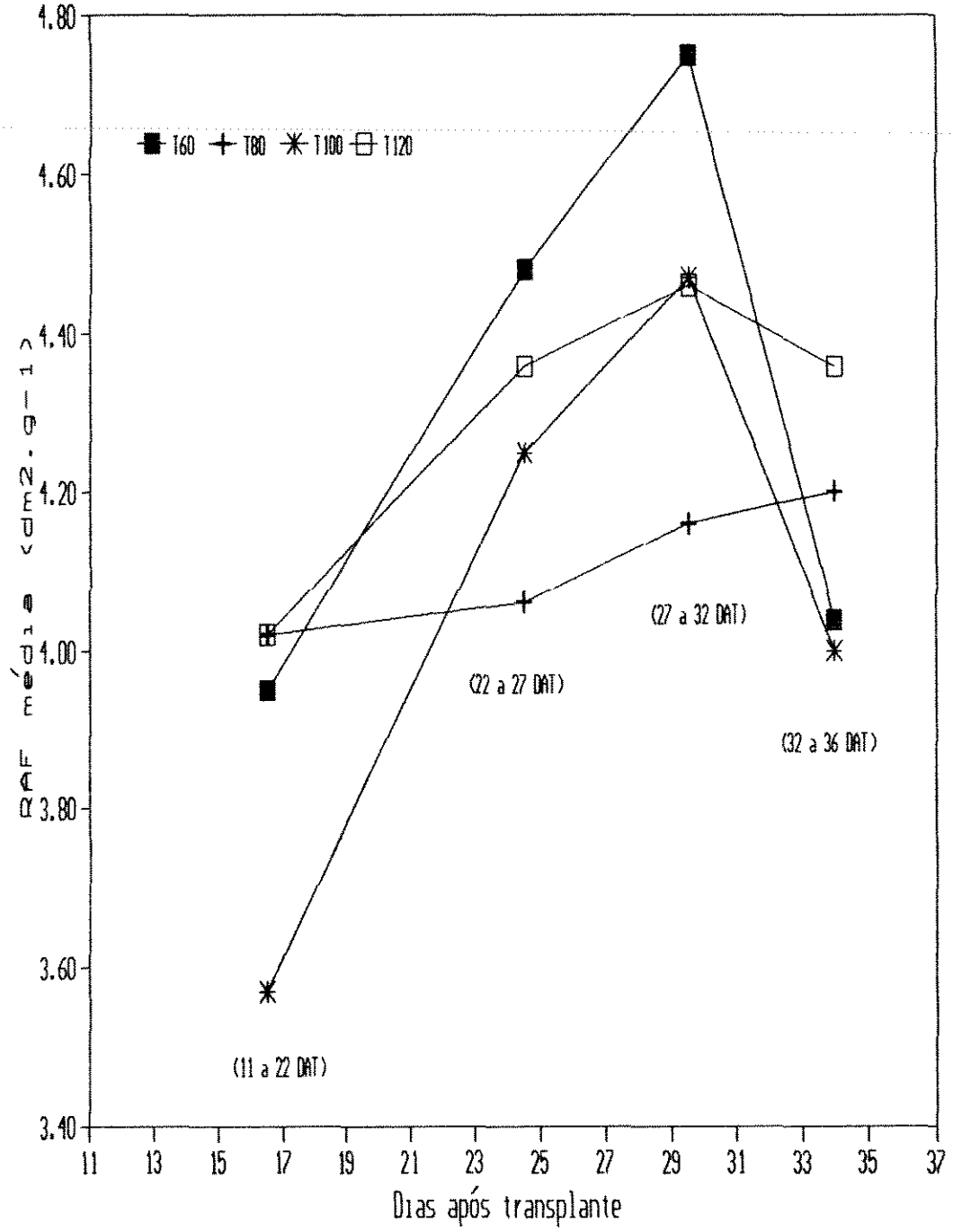

Figura 15 - Razão de área foliar média da alface para quatro lâminas de irrigação.

produzido pela planta, tenha sido convertido em peso de folhas e em área foliar. A máxima RAF foi observada no tratamento T60, com 4,75 $dm^2.g^{-1}$, porém foi também o tratamento que apresentou a maior queda da RAF no período final.

4.3.5. Discussão

A taxa de crescimento relativo da cultura (TCR), pela análise clássica de crescimento, é resultado da multiplicação entre TAL e RAF. Analisando conjuntamente as Figuras 13, 14 e 15, observa-se grande similaridade entre TCR e TAL, mostrando pouco efeito da RAF.

A TCR acrescentou pouca explicação às curvas de acúmulo de MS (Figura 8) e da taxa de crescimento da cultura (TCC) (Figura 12). Esse tipo de formulação matemática para a análise de crescimento, apesar de laboriosa e interessante, pouco acrescentou às informações já obtidas pela análise de crescimento das partes da planta, discutidas no item 4.2. Esse fato é reconhecido por WARREN WILSON (1981), como limitação da análise clássica de crescimento, o qual sugere a inclusão de fatores do ambiente nas equações de crescimento.

4.4. Análise da produtividade e da eficiência do uso de água

A eficiência do uso de água é definida como produtividade (massa fresca total, em $g.m^{-2}$) por unidade de lâmina de água

aplicada (mm).

Na Tabela 2 são apresentados os dados de massa fresca final, irrigação acumulada e a eficiência do uso de água. Na Figura 16 os dados de produtividade e eficiência do uso de água estão apresentados na forma de gráfico. Observou-se que os maiores valores de produtividade média foram obtidos com as maiores lâminas de água. Em contra partida, a maior eficiência do uso de água foi obtida no tratamento com a aplicação da menor lâmina de água. Nos demais tratamentos, houve pequena diferenciação entre os valores de eficiência do uso de água. O comportamento das curvas de produtividade e eficiência do uso de água, concordam, em parte, com os resultados obtidos por ANDRADE JÚNIOR et al. (1992). Essa informação é importante para análise econômica da produção, manejo da irrigação e auxilar na economia do uso da água.

Tabela 2 - Massa fresca final, irrigação acumulada e eficiência do uso de água para quatro níveis de irrigação na alface

Trat.	Irrigação	Lâmina total*	Eficiência do uso de água	Massa fresca final
	mm	mm	g/l	g/m^{-2}
T60	94,1	133,5	17,8	2.379,0
T80	124,4	163,8	16,2	2.651,0
T100	156,2	195,6	15,8	3.094,1
T120	186,6	226,0	15,8	3.582,6

* Incorporando uma precipitação de 39,4 mm, no período.

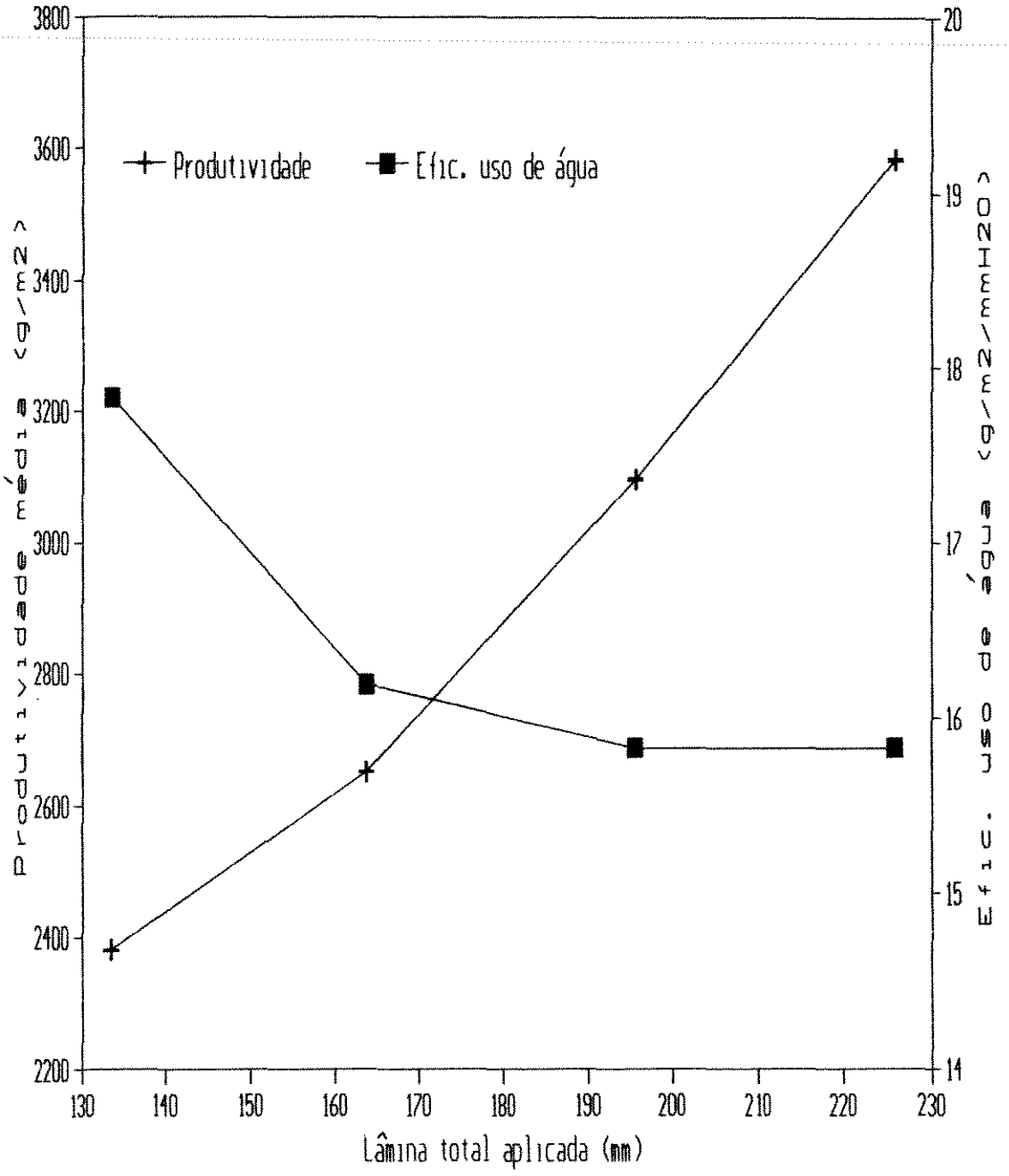

Figura 16 - Produtividade e eficiência do uso de água, obtidas nas diferentes lâminas de água total aplicadas.

A curva de produtividade versus irrigação mostram forte linearidade entre os dados. Este fato indica que mesmo para o tratamento T120 não houve efeito deletério de excesso de água para a cultura. Calculando-se a inclinação da curva, observa-se, em média, um incremento de 13 $g.m^{-2}$, para cada aumento de 1 mm de água aplicada.

Em relação à eficiência do uso da água, houve, inicialmente, uma queda acentuada de T60 para T80. A partir, aproximadamente, de 160 mm, a eficiência apresenta praticamente o mesmo valor. Certamente deve ocorrer queda acentuada da eficiência de uso da água e mesmo da produção para valores superiores a T120 (226 mm). Caso se queira fazer economia de água, pela análise da curva de eficiência, isto somente é viável se houver corte severo na administração de água, isto é, com aplicações menores que a do T80.

Os resultados indicam ser racional atender à demanda evaporativa indicada pelo tanque "Classe A". Nesse critério (T100 e T120), atinge-se as maiores produções, sem ocorrer queda significante na eficiência do uso de água.

Em relação à produção, o resultado do T120 foi superior ao obtido por DEMATTÊ (1981), com o cultivar "Brasil-48", nas condições de Jaboticabal, SP. O autor obteve produções de 3.550 g/m^2 e 2.889 g/m^2, respectivamente para os sistemas de irrigação por gotejamento e por aspersão. As produções, com excessão do T60, foram superiores aos obtidos por ANDRADE JÚNIOR et al. (1992), nas condições de Teresina, PI. A produção média foi de

2.433 g/m^2, dos cultivares "Glória" e "Piracicaba-65", utilizando a aspersão. Esses resultados indicam que as produções alcançadas neste trabalho foram altas, em relação a outros cultivares, nos tratamentos em que as maiores lâminas de água eram aplicadas. Desta forma, o gotejamento apresentou-se como uma boa alternativa de uso para esta hortaliça.

4.5. Análise da qualidade da produção

Para a avaliação da qualidade da produção foram tomados cuidados especiais, descritos no item 3.3, e seguido as normais usuais para comercialização da alface lisa. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que existe uma relação entre a classificação definida pelo número de plantas por caixa e a massa fresca média total de cada planta. Foram considerados de descarte as plantas que apresentaram tamanho abaixo do limite para o tipo 60 ou plantas que apresentaram algum dano por doença ou inseto, desqualificando-as para a comercialização. Na Figura 17 são apresentados os resultados de número de plantas/m^2 e classificação comercial. No acondicionamento das plantas nos engradados observou-se que as plantas apresentaram-se mais limpas, em relação às plantas normalmente irrigadas por aspersão. A limpeza da planta é mais uma das vantagens da irrigação por gotejamento.

O tratamento T120 apresentou as maiores produções de melhor qualidade (Tipo 36). Apesar das doses crescentes de água

induzirem à maior massa fresca, massa seca, índice de área foliar e outros fatores biológicos, analisados no item 4.2, os resultados da produção em classes de tipos comerciais não são tão consistentes. Isto é devido ao fato de que a aparência final das plantas, o seu arranjo de folhas e formato da cabeça e a forma de embalar são preponderantes na classificação comercial. Por exemplo, o T60 apresentou a segunda maior produção de massa fresca, do tipo 36 e a primeira do tipo 48, mesmo que muito próximos aos outros tratamentos. Em contrapartida, pela Figura 17, observa-se que este tratamento apresentou o segundo maior número de plantas/m^2 do tipo 36 e um dos menores do tipo 48.

Tabela 3 - Classificação comercial da produção da alface,para quatro níveis de lâmina de água de irrigação

Trat.	Tipo 36		Tipo 48		Tipo 60		Descarte
	n^0/m^2	massa fresca (g)	n^0/m^2	massa fresca (g)	n^0/m^2	massa fresca (g)	n^0/m^2
T60	2,7	209,46	4,5	139,46	5,1	72,10	3,7
T80	1,7	205,54	6,3	125,21	5,0	77,01	3,0
T100	2,2	205,11	5,9	131,71	4,3	79,39	3,6
T120	3,0	221,67	4,5	131,03	4,8	78,99	3,7

O valor econômico das classes comerciais, podem ter interação com os resultados obtidos nos tratamentos e interferir na lucratividade das diferentes estratégias de manejo de irrigação. Na cotação realizada no dia 17 de agosto de 1993,

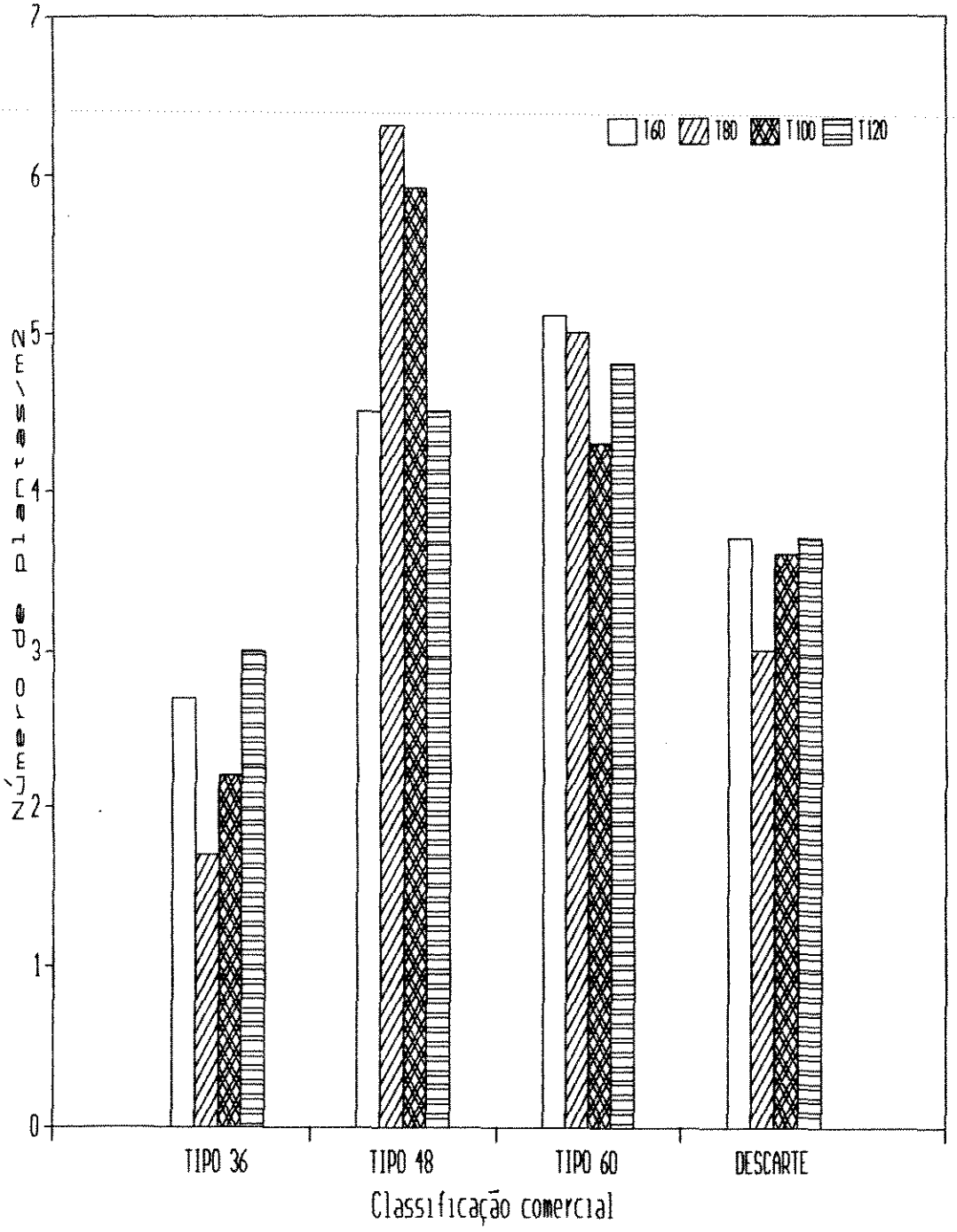

Figura 17 - Número de plantas/m^2 nas quatro lâminas de água de irrigação, de acordo com a classificação comercial.

nas Centrais de Abastecimento (CEASA) de Campinas, os preços eram, por engradado, CR$ 300,00[5], CR$ 200,00 e CR$ 150,00, respectivamente para os tipos 36, 48 e 60. A diferença de preço do engradado do tipo 36 foi 50% superior ao do tipo 48 e este 33% superior ao tipo 60. Nestas condições obteve-se maior preço/m^2 do tratamento T120, seguidos dos T60, T100 e T80. Os preços por engradado eram considerados baixos, mesmo para o período. A avaliação econômica mais ampla, incluindo, por exemplo, o custo da água, o gasto em energia, etc., possivelmente deva interferir na lucratividade e, por conseguinte, na recomendação de manejo da irrigação.

[5] Câmbio : US$ 1,00 = Cr$ 82,85 - Dólar comercial, em 17/08/93.

5. CONCLUSÕES

Para a cultura da alface (Lactuca sativa L.), irrigada por gotejamento, nas condições do experimento, foram possíveis as seguintes conclusões:

- A alface apresentou o efeito das diferentes lâminas de água de irrigação, principalmente, na fase final do seu desenvolvimento.

- Os melhores resultados de massa fresca total, número de folhas por planta e área foliar foram obtidos no tratamento em que a maior lâmina de água foi aplicada, ou seja, 120% da evaporação diária do tanque "Classe A" (T120).

- Nas duas semanas anteriores à colheita, de 80% a 90% da massa fresca total foi produzida, sendo que as maiores percentagens foram obtidas pelas maiores lâminas de água.

- As diferenças entre tratamentos no aumento da área foliar deveu-se, principalmente, ao aumento do número de folhas/planta.

- Os tratamentos com aplicação das maiores lâminas de água propiciaram a obtenção das maiores produtividades, com destaque para o tratamento T120.

- A altura não apresentou efeito acentuado aos diferentes níveis de lâmina de água.

- A diferenciação do crescimento, entre os tratamentos, permitiu definir a existência de períodos distintos de necessidade de água pela planta. A fase final do desenvolvimento foi o período em que apresentou o maior efeito da lâmina de água.

- A eficiência do uso de água apresentou respostas decrescentes, à medida que maiores lâminas eram aplicadas, com a maior eficiência obtida no tratamento T60.

- As maiores produções de melhor qualidade (Tipo 36), foram obtidas no tratamento T120.

- O gotejamento proporcionou altas produções, mostrando ser uma boa alternativa de uso para esta hortaliça.

6. ANEXOS

ANEXO 1 - DADOS EXPERIMENTAIS

Tabela 4 - Altura média, em cm, para as cinco amostragens, ao longo do tempo

tratamento	dias após transplante				
	11	22	27	32	36
60%	10,5	13,2	17,1	18,7	19,8
80%	9,7	13,1	15,7	18,6	19,6
100%	9,8	12,8	16,7	19,4	20,4
120%	9,2	11,9	17,0	19,1	20,6

Tabela 5 - Massa seca total média, em g/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo

tratamento	dias após transplante				
	11	22	27	32	36
60%	0,17	2,0	4,7	8,3	11,3
80%	0,13	1,8	5,0	9,3	10,9
100%	0,16	2,0	5,2	10,0	12,9
120%	0,10	1,5	5,6	10,0	12,4

Tabela 6 - Massa fresca total média, em g/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo

tratamento	dias após transplante				
	11	22	27	32	36
60%	1,9	29,5	100,6	142,0	148,7
80%	1,4	28,8	95,4	161,9	165,7
100%	1,4	28,8	108,5	167,3	193,4
120%	1,1	22,1	115,9	177,5	223,9

Tabela 7 - Número médio de folhas por planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo

tratamento	dias após transplante				
	11	22	27	32	36
60%	7,3	23,1	36,4	47,0	52,4
80%	6,2	22,4	34,3	49,8	52,9
100%	6,4	21,6	36,7	51,1	57,1
120%	6,0	21,0	37,0	52,2	62,9

Tabela 8 - Área foliar média, em cm^2/planta, para as cinco amostragens, ao longo do tempo

tratamento	dias após transplante				
	11	22	27	32	36
60%	65,4	780,5	2268,1	3857,9	3982,4
80%	48,1	765,1	1988,2	4026,1	4459,5
100%	49,9	747,0	2382,6	4348,4	4736,7
120%	39,2	604,3	2543,2	4359,7	5394,7

ANEXO 2 - Tabelas de Análise de Variância e Teste de Duncan

Tabela 9 - Análise de variância para altura (cm), aos 11 dias após transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	3,73	1,24	2,81	0,075
RESÍDUO	15	6,62	0,44		
TOTAL	18	10,35			

MÉDIA GERAL = 9,8

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,8

DESVIO PADRÃO = 0,66

Tabela 10 - Análise de variância para altura (cm), aos 22 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr>F
TRATAMENTO	3	4,71	1,57	2,13	0,139
RESÍDUO	15	11,05	0,74		
TOTAL	18	15,77			

MÉDIA GERAL = 12,7

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,7

DESVIO PADRÃO = 0,86

Tabela 11 - Análise de variância para altura (cm), aos 27 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	5,36	1,79	1,93	0,175
RESÍDUO	13	12,05	0,93		
TOTAL	16	17,42			

MÉDIA GERAL = 16,6

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 5,8

DESVIO PADRÃO = 0,96

Tabela 12 - Análise de variância para altura (cm), aos 32 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	2,14	0,71	0,38	0,769
RESÍDUO	15	28,13	1,88		
TOTAL	18	30,27			

MÉDIA GERAL = 19,0

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 7,2

DESVIO PADRÃO = 1,37

Tabela 13 - Análise de variância para altura (cm), aos 36 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	3,34	1,11	0,16	0,922
RESÍDUO	14	98,38	7,03		
TOTAL	17	101,72			

MÉDIA GERAL = 20,1

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 13,2

DESVIO PADRÃO = 2,65

Tabela 14 - Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 11 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	0,012	0,004	3,82	0,0323
RESÍDUO	15	0,016	0,001		
TOTAL	18	0,029			

MÉDIA GERAL = 0,14

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 23,8

DESVIO PADRÃO = 0,033

Tabela 15 - Teste de Duncan para massa seca total (g/planta), aos 11 dias após o transplante

Tratamento	Nº de repetições	Médias	5%
60%	4	0,1663	a
100%	5	0,1582	a
80%	5	0,1330	ab
120%	5	0,1008	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 16 - Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 22 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	0,714	0,238	1,05	0,4013
RESÍDUO	15	3,417	0,228		
TOTAL	18	4,132			

MÉDIA GERAL = 1,8

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 26,4

DESVIO PADRÃO = 0,48

Tabela 17 - Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 27 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	1,470	0,490	0,22	0,8799
RESÍDUO	13	28,789	2,215		
TOTAL	16	30,259			

MÉDIA GERAL = 5,2

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 28,7

DESVIO PADRÃO = 1,49

Tabela 18 - Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 32 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	7,873	2,624	0,72	0,5586
RESÍDUO	14	51,309	3,665		
TOTAL	17	59,183			

MÉDIA GERAL = 9,4

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 20,3

DESVIO PADRÃO = 1,91

Tabela 19 - Análise de variância para massa seca total (g/planta), aos 36 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	12,747	4,249	0,54	0,6615
RESÍDUO	14	109,787	7,842		
TOTAL	17	122,535			

MÉDIA GERAL = 11,9

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 23,5

DESVIO PADRÃO = 2,80

Tabela 20 - Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 11 dias após o tranplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	1,54	0,51	3,22	0,053
RESÍDUO	15	2,38	0,16		
TOTAL	18	3,92			

MÉDIA GERAL = 1,4

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 28,0

DESVIO PADRÃO = 0,40

Tabela 21 - Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 22 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	179,47	59,82	1,71	0,207
RESÍDUO	15	523,70	34,91		
TOTAL	18	703,17			

MÉDIA GERAL = 27,2

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,7

DESVIO PADRÃO = 5,91

Tabela 22 - Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 27 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	1142,05	380,68	0,41	0,748
RESÍDUO	13	12063,25	927,94		
TOTAL	16	13205,30			

MÉDIA GERAL = 105,9

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 28,8

DESVIO PADRÃO = 30,46

Tabela 23 - Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 32 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	2919,72	973,24	0,67	0,581
RESÍDUO	15	21642,83	1442,86		
TOTAL	18	24562,55			

MÉDIA GERAL = 163,2

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 23,3

DESVIO PADRÃO = 37,98

Tabela 24 - Análise de variância para massa fresca total (g/planta), aos 36 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	13686,30	4562,10	1,30	0,313
RESÍDUO	14	49125,35	3508,95		
TOTAL	17	62811,65			

MÉDIA GERAL = 186,7

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 31,7

DESVIO PADRÃO = 59,24

Tabela 25 - Análise de variância para número de folhas por planta, aos 11 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	3,96	1,32	1,70	0,209
RESÍDUO	15	11,64	0,78		
TOTAL	18	15,61			

MÉDIA GERAL = 6,5

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 13,7

DESVIO PADRÃO = 0,88

Tabela 26 - Análise de variância para número de folhas por planta, aos 22 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	11,45	3,82	0,94	0,446
RESÍDUO	15	60,98	4,07		
TOTAL	18	72,44			

MÉDIA GERAL = 22,0

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 9,2

DESVIO PADRÃO = 2,02

Tabela 27 - Análise de variância para número de folhas por planta, aos 27 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	21,51	7,17	0,34	0,796
RESÍDUO	13	272,95	21,00		
TOTAL	16	294,46			

MÉDIA GERAL = 36,0

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 4,6

DESVIO PADRÃO = 12,72

Tabela 28 - Análise de variância para número de folhas por planta, aos 32 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	66,36	22,12	0,48	0,701
RESÍDUO	15	691,29	46,09		
TOTAL	18	757,65			

MÉDIA GERAL = 50,2

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 13,5

DESVIO PADRÃO = 6,79

Tabela 29 - Análise de variância para número de folhas por planta, aos 36 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	316,45	105,48	1,24	0,332
RESÍDUO	14	1188,33	84,88		
TOTAL	17	1504,78			

MÉDIA GERAL = 56,8

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 16,2

DESVIO PADRÃO = 9,21

Tabela 30 - Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 11 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	1543,24	514,41	4,47	0,020
RESÍDUO	15	1727,03	115,14		
TOTAL	18	3270,27			

MÉDIA GERAL = 49,9

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,5

DESVIO PADRÃO = 10,73

Tabela 31 - Teste de Duncan para área foliar (cm^2/planta), aos 11 dias após o transplante

Tratamento	Nº de repetições	Médias	5%
60%	4	65,368	a
100%	5	49,944	b
80%	5	48,072	b
120%	5	39,228	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 32 - Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 22 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR	Pr > F
TRATAMENTO	3	95419,89	31806,63	1,46	0,264
RESÍDUO	15	325988,73	21732,58		
TOTAL	18	421408,62			

MÉDIA GERAL = 721,3

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 20,4

DESVIO PADRÃO = 147,42

Tabela 33 - Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 27 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr>F
TRATAMENTO	3	817924,22	272641,41	0,73	0,554
RESÍDUO	13	4881893,90	375530,30		
TOTAL	16	5699818,12			

MÉDIA GERAL = 2300,4

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 26,6

DESVIO PADRÃO = 612,81

Tabela 34 - Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 32 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr>F
TRATAMENTO	3	831341,83	277113,94	0,41	0,749
RESÍDUO	15	10165862,85	677724,19		
TOTAL	18	10997204,69			

MÉDIA GERAL = 4163,3

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 19,8

DESVIO PADRÃO = 823,24

Tabela 35 - Análise de variância para área foliar (cm^2/planta), aos 36 dias após o transplante

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	Pr > F
TRATAMENTO	3	4248769,44	1416256,48	1,08	0,391
RESÍDUO	14	18441260,61	1317232,90		
TOTAL	17	22690030,06			

MÉDIA GERAL = 4716,7

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 24,3

DESVIO PADRÃO = 1147,71

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVINO, A., CENTRITTO, M., TEDESCHI, P. et al. Growth analysis of *Capsicum annuum* L. under different irrigation regimes. Acta Hort., Wageningen, n. 278, p. 359-368, 1990.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de, DUARTE, R. L. R., RIBEIRO, V. Q. Níveis de irrigação na cultura da alface. Teresina : Embrapa- UEPAE, 1992. (Boletim de pesquisa, 13) (no prelo)

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (Noções básicas). Jaboticabal : FUNEP, 1988. 42 p.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 4. ed. Viçosa : Imprensa Universitária da Univ. Fed. de Viçosa, 1986. 488 p.

BLACKMAN, V. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot., London, v. 33, p. 353-360, 1919.

CAMARGO, L. S. As hortaliças e seu cultivo. 3. ed. rev. atual. Campinas : Fundação Cargill, 1992. 252 p. cap. 2.9: Alface.

CARRIJO, O. A. Manejo da irrigação por gotejamento em duas cultivares de alho (*Allium sativum*, L.). Piracicaba : USP, 1980. 96 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Univ. Estadual de São Paulo, 1980.

CENSO AGROPECUÁRIO : Brasil. Rio de Janeiro : Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1985a. (Censos Econômicos de 1985, n. 1)

_____ : São Paulo. Rio de Janeiro : Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1985b. (Censos Econômicos de 1982, n. 21)

DEMATTÊ, J. B. I. Contribuição ao estudo da sub-irrigação por tubos porosos de Stauch nas culturas de cenoura (*Daucus carota* L.), alface (*Lactuca sativa* L.) e ervilha (*Pisum sativum* L.). Piracicaba : USP, 1972. 150 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Univ. Estadual de São Paulo, 1972.

_____ , CASSIANO SOBRINHO, F., MENDONÇA, J. R. et al. Influência de irrigação por gotejamento e aspersão sobre desenvolvimento e produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. "Brasil-48". Científica, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 207-213, 1981.

DIAZ, L. M. Evolution de la investigacion en lechuga (*Lactuca sativa* L.) utilizando el metodo de riego por goteo en la Region Lagunera. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO, II, 1977. Informe final ... IICA - OEA, 1977. 22 p. (Anexo, 16)

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma : FAO, 1977. 194 p. (FAO Riego y Drenaje, 24)

_____ , KASSAM, A. H. Yield response to water. Roma : FAO, 1979. 193 p. (FAO Irrig. and Drain., 33)

ESPINDOLA, C. R., BONI, N. R. Relatório interno. 1990. (mimeo.)

EVANS, G. C. The quantitative analysis of plant growth. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1972. 734 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Cichoriáceas : alface, chicórea e almeirão. In : ___. Manual de olericultura : cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo : Agronômica Ceres, 1982. v. 2, cap. 3, p. 77-93.

FORERO, J. A. S., GUTIÉRREZ, J. H. P., MARTÍNEZ, R. A. Determinacion de la lamina de riego por goteo en la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Calamar). Revista ICA, Bogotá, Colombia, v. XIV, n. 1, p. 51-58, 1979.

HOWELL, T. A., HANSON, E. G. Potato and lettuce response to irrigation method and management. St. Joseph, Mich.: ASAE, 1976. (Paper, 76-2010)

HUNT, R. Plant growth analysis. London : Edward Arnold, 1978. 69 p.

_____ . Plant growth analysis : the rationale behind the use of the fitted mathematical function. Annals of Botany, London, v. 43, n. 2, p. 245-249, 1979.

_____ . Plant growth curves : the functional approach to plant growth analysis. London : Edward Arnold, 1982. 248 p.

HURD, R. G. Vegetative plant growth analysis in controlled environments. Annals of Botany, London, v. 41, p. 779-787, 1977.

KNOTT, J. E., TAVERNETTI, A. A. Production of head lettuce in California. Berkeley, Cal. : Agricultural Extension Service, 1944. 51p. (Circular, 128)

KRAMER, P. J. Water relations of plants. London : Academic Press, 1983. 489 p.

LIMA, T. T. Alface. In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E INTEGRAL. Manual técnico das culturas. Campinas, SP : Coord. de Assist. Téc. e Integral, 1986. 518 p. p. 7-10. (Manual, 8)

LISBÃO, R. S., NAGAI, H., TRANI, P. E. Alface. In: CAMPINAS. INSTITUTO AGRONÔMICO. Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. 5. ed. rev. atual. Campinas, SP : Instituto Agronômico, 1990. 233 p. p. 11-12. (Boletim, 200)

LOOMIS, R. S., WILLIAMS W. A., HALL, A. E. Agricultural Productivity. Ann. Rev. Plant Physiol., Palo Alto, Cal., v. 22, p. 431-468, 1971.

MERRIAN, J. L., KELLER, J., ALFARO, J. F. Irrigation system evaluation and improvement. Utah : CUSUSWASH, 1971.

MILLAR, A. A. Manejo racional da irrigação : uso de informações básicas sobre diferentes culturas. Brasília: IICA, 1984. 54 p. (Série publicações miscelâneas, 461).

MOORE, F. D. Furrow irrigation of lettuce resulting in water and nitrogen loss. J. Amer. Soc. Hort. Sci., New York, N. Y., v. 95, n. 4, p. 471-474, 1970.

_____ , SOLTANPOUR, P. N. Evapotranspiration of head lettuce : an estimate for June plantings in the San Luis Valley. Colorado : Colorado State Univ., 11p, 1972. (Bulletim, 113)

OLITTA, A. F. L. Efeito da irrigação por gotejo no desenvolvimento vegetativo e produção da cultura do morango (*Fragaria sp.*). Piracicaba : USP, 1980. 79 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Univ. Estadual de São Paulo, 1980.

_____ . Os métodos de irrigação. São Paulo : Livraria Nobel S. A., 1981. 267 p.

OLIVEIRA, J. B., MENK, J. R. F., ROTTA, C. L. Levantamento semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro : IBGE, 1979. 172 p.

PEDRO JÚNIOR, M. J., CAMARGO, M. B. P. de, MACEDO, L. A. Guia para o observador dos postos agrometeorológicos do Instituto Agronômico. Campinas : Instituto Agronômico, 1987. 59 p. (Boletim, 116)

PEREIRA, A. R., MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33 p. (Boletim, 114)

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. Crop Science, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

REICHARDT, K. Parâmetros do solo que influenciam o manejo de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas, SP. Anais ... Campinas, Fundação Cargill, 1987. 226 p. p. 3-13.

ROBINSON, F. E., McCOY, O. D. Population, growth rate, and maturity of vegetable crops in relation to soil salinity and texture under sprinkler and furrow irrigation. Agron. J., Madison, Wis., v. 59, p. 178-181, 1967.

_____ , McCOY, O. D., WORKER, G. F. et al. Sprinkler and surface irrigation of vegetable and field crops in an arid environment. Agron. J., Madison, Wis., v. 60, p. 696-700, 1968.

_____ Population density and growth rate of head lettuce (Lactuca sativa L.) in an arid climate with sprinkler irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci., New York, N. Y., v. 95, n. 6, p. 831-834, 1970.

ROWSE, H. R. The effect of irrigation on the length, weight, and diameter of lettuce roots. Plant and Soil, Martinus Nijhoff, v. 40, p. 381-391, 1974.

RUSSO, D. Lettuce yield - irrigation water quality and quantity relationships in a gypsiferous desert soil. Agron. J., Madison, Wis., v. 79, p. 8-14, 1987.

SALE, P. J. M. The response of summer lettuce to irrigation at different stages of growth. J. Hort. Sci., London, v. 41, p. 43-52, 1966.

SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickle, subsurface, and furrow irrigation methods for row crops. Agron. J., Madison, Wis., v. 72, n. 5, p. 701-704, 1980.

_____ , KRATKY, B. A., WU, I. P. Effect of limited irrigation on lettuce and chinese cabbage yields. Irrigation Science, Springer-Verlag, Berlin, v. 9, p. 187-198, 1988.

SCHWALEN, H. C., WHARTON, M. F. Lettuce irrigation studies. Tucson : University of Arizona, 1930. p. 463-517. (Bulletin, 133)

SHIH, S. F., RAHI, G. S. Evapotranspiration of lettuce in relation to water table depth. Transactions of ASAE, St. Joseph, Mich., v. 27, n. 4, p. 1074-1080, 1984.

SIMÃO, S. Irrigação de alface. Anais da Esalq, Piracicaba, v. 12, p. 121-128, 1956.

SINGH, R., ALDERFER, R. B. Effects of soil-moisture stress at different periods of growth of some vegetable crops. Soil Science, Baltimore, Md., v. 101, n. 1, p. 69-80, 1966.

SLATYER, R. O. Plant-water relationships. London : Academic Press, 1967. 366 p.

THORNE, G. N. Variations with age in net assimilation rate and other growth attributes of sugar-beet, potato, and barley in a controlled environment. Annals of Botany, N. S., London, v. 24, n. 95, p. 356-371, 1960.

TIBBITTS, T. W., BOTTENBERG, G. Growth of lettuce under controlled humidity levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci., New York, N. Y., v. 101, n. 1, p. 70-73, 1976.

UENO, L. H, AMARO, A. A., BORTOLETO, E. E. Variações de preços das hortaliças a nível de varejo na cidade de São Paulo. São Paulo : Instituto de Economia Agrícola, 1981. 61 p. (Relatório, 10/81)

WARREN WILSON, J. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. Annals of Botany, London, v. 48, p. 507-512, 1981.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron., New York, N. Y., v. 4, p. 101-145, 1952.

ZINK, F. W., YAMAGUCHI, M. Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce. Hilgardia, Berkeley, Cal., v. 32, n. 11, p. 471-500, 1962.

8. ABSTRACT

The effects of different water depths, applied by trickle irrigation, in the development of lettuce (Lactuca sativa L.) were evaluated under field conditions.

A complete randomized experimental design was utilized with four treatments and five replications. The treatments were based on the percentage of daily evaporation depths measured at a "Class A" Pan (120%, 100%, 80%, 60%). It was used a daily irrigation frequency.

Crop evaluation were performed by determining the following parameters: fresh weight, dry weight, leaf area, plant height, and number of leaves per plant, crop yield, water use efficiency, marketing quality and by the use of classical growth analysis.

Due to the high experimental data variability, the results showed no significant difference among treatments for the physiological paramaters at different sampling dates. However it was possible to conclude that the crop development was affected by the different water depths applied, mainly in its final growth stage. The 120% treatment showed the best

results for the total fresh weight, number of leaves per plant and leaf area. The highest average yield and the best marketing quality was also obtained in this treatment. Meanwhile, the highest water use efficiency was obtained by the 60% treatment.

Through the obtained results it was possible to distinguish in the crop life cycle different periods of water requirements. It was possible to recommend a irrigation water management using the smaller water depths (60% or 80%) in the beginning of the cycle (until 22 days after transplant), and higher depths (100% or 120%) at the final growth stage.