

**CONSUMO DE SOLUÇÕES FERTILIZANTES POR PLANTAS  
ADULTAS DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE LIMÃO ‘CRAVO’  
EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

**CARMELLO CRISAFULLI MACHADO**

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia, Área de Concentração:  
Irrigação e Drenagem.

**PIRACICABA**

Estado de São Paulo – Brasil

Junho - 2004

**CONSUMO DE SOLUÇÕES FERTILIZANTES POR PLANTAS  
ADULTAS DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE LIMÃO ‘CRAVO’  
EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

**CARMELLO CRISAFULLI MACHADO**

Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr. **RUBENS DUARTE COELHO**

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia, Área de Concentração:  
Irrigação e Drenagem.

**P I R A C I C A B A**  
Estado de São Paulo – Brasil  
Junho - 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Machado, Carmello Crisafulli

Consumo de soluções fertilizantes por plantas adultas de  
lima ácida 'tahiti' sobre limão 'cravo' em irrigação localizada.  
139 p. il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz, 2004.

Bibliografia.

1. Citricultura 2. Fertirrigação 3. Irrigação localizada 4.  
Nutrição vegetal I. Título

CDD 634.3

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

“Dedico ao meu querido irmão que nos deixou de maneira repentina.  
O nosso Felipe, de sorriso franco, de gestos acariciantes, olhar maroto,  
deixou-nos, cumprindo a Vossa Vontade.

Imploramos: guardai convosco o nosso filho, para que ele não sinta o frio desta saudade  
que nos envolve.

E em troca desta dor que nos aniquila encontremos forças para vos dizer:

Obrigado Senhor, pois em vosso peito agasalhastes o nosso filho.”

*“in memoriam”*

À minha esposa Juliana Piedade,  
Pela compreensão, incentivo e carinho  
Aos meus pais que em deram a oportunidade e aos meus familiares

OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudo fornecida durante o curso.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de realizar este trabalho em suas dependências.

Ao Prof. Dr. Rubens Duarte Coelho, pela orientação e incentivo para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da ESALQ – USP: Dr. Marcus Vinícius Folegatti, Dr. José Antônio Frizzone, Dr. Sérgio Nascimento Duarte, Dr. Tarlei Ariel Botrel e Dr. Décio Eugênio Cruciani, pelos ensinamentos.

Aos professores: Dr. Marcus Vinícius Folegatti, Dr. Antonio Enedi Boaretto e Dr. Tarlei Ariel Botrel, pelas sugestões apresentadas no exame de qualificação.

Aos companheiros de curso, que sempre me incentivaram nos momentos difíceis.

A Stoller do Brasil LTDA, pelo fornecimento dos produtos químicos utilizados e também pelo apoio nas duas bolsas de iniciação científica fornecidas aos alunos Ithamar Prada Neto e Ronaldo Amado Ravazzi.

Aos funcionários do Departamento de Eng. Rural da ESALQ/USP: Gilmar, Hélio, Oswaldo, César (*in memoriam*), Antônio, Davilmar e Sandra.

Aos funcionários do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP: Edivaldo e Vanderlino.

Ao Amigo Luis Artur Alvarenga Vilela (*in memoriam*).

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE APÊNDICES.....	xiii
RESUMO.....	xiv
SUMMARY.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Aspectos gerais da cultura dos citros.....	5
2.1.1 O sistema radicular das plantas cítricas.....	6
2.1.2 Absorção e necessidade hídrica da cultura.....	8
2.1.3 Interação água-solo-planta-atmosfera.....	12
2.1.4 Temperatura e déficit hídrico.....	14
2.2 Irrigação localizada na cultura dos citros.....	16
2.2.1 Adaptação de pomares adultos à irrigação localizada.....	18
2.3 Aspectos nutricionais.....	22
2.4 Fertirrigação.....	26
2.4.1 Comparação entre fertilização convencional e fertirrigação.....	28
2.4.2 Salinidade e citricultura.....	30
2.5 Considerações .....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Local dos experimentos.....	33
3.2 Funcionamento do lisímetro poroso.....	33

3.3	Instalação dos experimentos.....	37
3.3.1	Experimento I Consumo de água de lima ácida ‘Tahiti’, sobre citrumelo Swingle, com a metodologia do lisímetro poroso no segundo ano de plantio.....	37
3.3.2	Experimento II. Consumo de soluções fertilizantes em plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’ sobre limão ‘Cravo’ nas condições de irrigação localizada.....	39
3.3.3	Experimento III Desenvolvimento vegetativo da laranjeira pêra sobre limão ‘Cravo’ em função de diferentes concentrações de N e Ca aplicados via fertirrigação.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1	Experimento I.....	56
4.2	Experimento II.....	63
4.3	Experimento III.....	75
5	CONCLUSÕES.....	102
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
	APÊNDICES.....	120

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Esquema de funcionamento do lisímetro poroso.....	35
2 Detalhe do cap superior do tubo reservatório e do conector utilizado (a); detalhe da instalação do reservatório (b) e detalhe do emissor poroso e seu conector (c).....	36
3 Vista da estrutura de madeira utilizada para isolamento das plantas (a), planta isolada das precipitações naturais (b) e detalhe dos emissores porosos instalados (c).....	39
4 Vista da estrutura de madeira utilizada para isolamento das plantas (a) e planta isolada das precipitações naturais (b).....	41
5 Esquema de instalação do bloco experimental na área de projeção da copa da planta.....	42
6 Vista geral dos emissores porosos instalados (a) e linha de emissores instalados em série de uma parcela experimental (b).....	43
7 Curva de neutralização do solo, com aplicações de calcário dolomítico calcinado.....	48
8 Croqui experimental, número de identificação do vaso e, em seguida, a sigla do tratamento implementado.....	51
9 Estimativa das concentrações de nitrogênio e cálcio no solo ao longo do período experimental para os quatro níveis de adubações propostos.....	52
10 Consumo de água medido pelo lisímetro poroso ( $L\text{ dia}^{-1}$ ) nas plantas 1, 2 e 3 no experimento instalado no pomar jovem.....	56
11 Área foliar em $m^2$ para as três plantas em estudo.....	57
12 Relação entre os valores de consumo de água medidos pelo lisímetro poroso (CMed. – LP) e o consumo de água estimado pelo método climatológico de Penman Monteith (CEst. – PM) para as plantas 1, 2 e 3 do pomar jovem, respectivamente.....	58

13	Consumo total de água por planta do pomar adulto no período de aferição dos lisímetros e a evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) estimadas pelo método de Penman-Monteih (mm dia <sup>-1</sup> ) no período em estudo.....	64
14	Volumes de solução consumida por tratamento em L dia <sup>-1</sup> para a planta 1.	65
15	Volumes de solução consumida por tratamento em L dia <sup>-1</sup> para a planta 2.	65
16	Consumo total de solução pelas plantas 1 e 2 (L dia <sup>-1</sup> ) e valores da evapotranspiração de referência estimados pelo método de Penman-Monteih (mm dia <sup>-1</sup> ) no período em estudo.....	66
17	Consumo de solução acumulado por tratamento em litros para a planta 1 no período analisado.....	67
18	Consumo de solução acumulado por tratamento em litros para a planta 2 no período analisado.....	67
19	Absorção acumulada dos macros nutrientes separados nos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), para as plantas 1 e 2.....	70
20	Absorção acumulada dos micronutrientes absorvido nas plantas 1 e 2 aplicados apenas no Tratamento 3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S).....	71
21	Curva de retenção utilizada na determinação da umidade do solo.....	76
22	Variação do potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) para os diferentes tratamentos ao longo do período de condução do experimento.....	78
23	Condutividade elétrica média na solução do solo (dS m <sup>-1</sup> ), para cada tratamento ao longo do período experimental.....	80
24	pH médio na solução do solo para cada tratamento ao longo do período experimental.....	81
25	Concentração média de nitrato na solução do solo (mg L <sup>-1</sup> ), para cada tratamento ao longo do período experimental.....	82
26	Área foliar média (m <sup>2</sup> Parcela <sup>-1</sup> ), para cada tratamento ao longo do período experimental.....	85
27	Área média das folhas (cm <sup>2</sup> folha <sup>-1</sup> ), para cada tratamento ao longo do período experimental.....	87
28	Número médio de folhas por parcela, para cada tratamento ao longo do período experimental.....	89
29	Altura média das plantas (m), para cada tratamento ao longo do período experimental. ....	91
30	Diâmetro médio do tronco (mm), para os tratamentos ao longo do período experimental. ....	94
31	Matéria seca das folhas, caules e raízes e total acumulado por planta nos tratamento aos 214 dias após o transplântio das mudas (g planta <sup>-1</sup> ).....	96
32	Distribuição percentual da matéria seca acumulada em diferentes partes das plantas por tratamento aos 214 dias após o transplântio.....	97

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Escala de valores de coeficiente de confiança para avaliação dos resultados obtidos.....	38
2 Resultados da análise de solo do pomar com 10 anos de idade e valores adequados.....	44
3 Quantidades de nutrientes a serem aplicadas nos tratamentos fertirrigados T2 e T3 em $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e em $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ .....	45
4 Calendário de fertirrigação, percentuais dos nutrientes a serem aplicados por fase vegetativa na cultura do limão ‘Tahiti’.....	46
5 Concentrações dos nutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas soluções fertilizantes dos tratamentos 2 e 3.....	46
6 Distribuição dos graus de liberdade (G.L.) para as diferentes causas da variação.....	46
7 Doses de nitrogênio e cálcio a serem aplicadas em $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ nos 13 tratamentos e suas respectivas siglas.....	50
8 Período de cada fase de fornecimento dos nutrientes e porcentagem a ser aplicada por fase.....	50
9 Quantidades de fertilizantes aplicados por fertirrigação para os diferentes tratamentos.....	51
10 Distribuição dos graus de liberdade (G.L.) para as diferentes causas da variação para o experimento III.....	55
11 Valores dos coeficientes de exatidão (d), correlação (R), confiança (c) e desempenho das medidas de consumo do lisímetro poroso nas três plantas em estudo.....	60
12 Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) e da cultura (ET <sub>c</sub> ), valores mensais e acumulados por períodos úmidos e secos, porcentagens de erro na estimativa da evapotranspiração de referência pelos dois métodos analisados.....	61

13	Consumo diário de água ( $L \cdot dia^{-1}$ ), evapotranspiração da cultura-ETc ( $mm \cdot dia^{-1}$ ) e de referência-ETo ( $mm \cdot dia^{-1}$ ) pelos métodos do tanque classe A (ECA) e Penman Monteith (PM), os dados meteorológicos do período em análise e as relação ETc/ETo.....	62
14	Quantidades de nutrientes aplicados por fase fenológica para as duas plantas em estudo nos dois tratamentos de fertirrigação T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S).....	68
15	Porcentagem de nutrientes aplicados por fase fenológica para as plantas em estudo nos dois tratamentos de fertirrigação T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S).....	68
16	Quantidades de nutrientes fornecidos para as plantas 1 e 2, separados pelos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) para o período em estudo.....	69
17	Porcentagem aplicada em relação ao total a ser aplicado no ano para as plantas 1 e 2, separados nos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S).....	69
18	Resumo da análise de variância para consumo acumulado de solução nos diferentes tratamentos, para cada intervalo de tempo ao longo do período experimental.....	72
19	Consumo acumulado médio de solução ( $L \cdot Tratamento^{-1}$ ) pela planta 2 (Bloco 2), para cada tratamento, aos 92, 122 e 145 dias após a implantação (DAI) do experimento e resumo da análise estatística.....	72
20	Evapotranspiração da cultura, evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman Monteith (PM) e tanque classe A e as relações de ETc/ETo para o período analisado.....	73
21	Estimativa do consumo total e diário de solução fertilizante para os três tratamentos na planta 2, evapotranspiração da cultura ( $mm \cdot dia^{-1}$ ) e porcentagem de incremento de consumo dos tratamentos fertirrigados em relação ao volume estimado de consumo de água (Tratamento T1).....	74
22	Análises de solo antes do preparo do solo (1º), dois meses após o preparo do solo (2º) e valores médios para cada elemento segundo o Grupo Paulista de Adubação e Calagem (3º) .....	75
23	Resumo da análise de variância para consumo acumulado de solução, nos intervalos de tempo ao longo do período experimental, para cada combinação e dose de nitrogênio.....	77
24	Médias do consumo acumulado de solução ( $L \cdot parcela^{-1}$ ) para cada tratamento aos 148, 179 e 207 dias após o transplantio, e resumo da análise estatística.....	77

25	Resumo da análise de variância para médias de condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) da solução do solo, para cada combinação e doses de nitrogênio e cálcio.....	79
26	Médias da condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) da solução do solo para cada tratamento, e resumo da análise estatística.....	83
27	Resumo da análise de variância para área foliar, para cada medida realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio.....	84
28	Médias da área foliar ( $\text{m}^2 \text{ parcela}^{-1}$ ) para cada tratamento nas medições realizadas aos 165 e 211 dias após o transplântio, e resumo da análise estatística.....	84
29	Resumo da análise de variância para área média das folhas ( $\text{cm}^2 \text{ folha}^{-1}$ ), para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio.....	86
30	Resumo da análise de variância para número de folhas, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio.....	88
31	Número de folhas médio* por parcela experimental ( $\text{folhas parcela}^{-1}$ ) para cada tratamento nas medições realizadas aos 165 e 211 dias após o transplântio, e resumo da análise estatística.....	88
32	Resumo da análise de variância para altura das plantas, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio.....	90
33	Altura média* das plantas (cm) para cada tratamento nas medições realizadas aos 99, 159 e 208 dias após o transplântio e resumo da análise estatística.....	92
34	Resumo da análise de variância para diâmetro do tronco, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio.....	93
35	Médias* do diâmetro do tronco (mm) para cada tratamento nas medições realizadas aos 159 e 208 dias após o transplântio e resumo da análise estatística.....	93
36	Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) para os valores de matéria seca das folhas, caules e raízes e do total aos 214 dias após o transplântio.....	98
37	Resultados das análises de folhas para as duas datas de amostragem: 25/11/03 e 20/02/04. As letras mostram as interpretações dos resultados, sendo e (excessivo), a (alto), o (adequado), b (baixo) e d (deficiente).....	99
38	Relações fisiológicas dos nutrientes medidos na análise foliar para as duas datas de amostragem: 25/11/03 e 20/02/04.....	101

## LISTA DE APÊNDICES

	Página
1 Consumo de água diário no Experimento I nas 3 plantas estudadas.....	121
2 Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 1 do Experimento II.....	125
3 Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 2 do Experimento II.....	127
4 Consumo de água nos tratamentos do Experimento III ao longo do período experimental.....	129
5 Condutividade elétrica das solução do solo ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) nos tratamentos do Experimento III.....	130
6 pH da solução do solo nos tratamentos do Experimento III.....	132
7 Concentração de nitrato ( $\text{mg.litro}^{-1}$ ) na solução do solo no Experimento III.....	134
8 Área foliar ( $\text{m}^2$ ) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.....	136
9 Área média das folhas ( $\text{cm}^2.\text{folha}^{-1}$ ) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.....	137
10 Número de folhas por parcela ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.....	138
11 Altura das plantas por parcela (cm) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.....	139
12 Diâmetro do tronco das plantas por parcela (mm) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.....	140

# **CONSUMO DE SOLUÇÕES FERTILIZANTES POR PLANTAS ADULTAS DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE LIMÃO ‘CRAVO’ EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

Autor: CARMELLO CRISAFULLI MACHADO  
Orientador: Prof. Dr. RUBENS DUARTE COELHO

## **RESUMO**

A citricultura desempenha papel fundamental na agroindústria do Estado de São Paulo; porém, nos últimos 5 anos, muitos citricultores sentem a necessidade de irrigar seus pomares, buscando estabilidade e aumento da produtividade. Para o desenvolvimento do projeto foram instalados três experimentos, sendo o primeiro para avaliar o lisímetro poroso desenvolvido por Machado & Coelho (2000), com o objetivo de determinar o consumo de água de plantas jovens de lima ácida ‘Tahiti’ sobre citrumelo Swingle (Experimento I). O segundo trabalho de pesquisa, realizado em um pomar com dez anos de idade, teve como objetivo medir o consumo de solução fertilizante pelo sistema radicular de porta-enxerto limão ‘Cravo’ sobre lima ácida ‘Tahiti’, pela metodologia do lisímetro poroso, em função de três diferentes soluções fertilizantes (Experimento II). O terceiro experimento, conduzido em casa de vegetação, teve por objetivo estudar o desenvolvimento vegetativo e o consumo de água de mudas de laranja Pêra sobre limão ‘Cravo’ em função de fertirrigações à base de nitrogênio e cálcio no primeiro ano de plantio (Experimento III). Para a coleta dos dados do

experimento I, utilizaram-se três plantas devidamente isoladas das precipitações naturais, abastecidas unicamente pelo lisímetro poroso. O consumo de água pelas plantas de lima ácida ‘Tahiti’ sobre Citrumelo Swingle com 1 ano e meio de idade e fração de área molhada média (P) de 4%, variou de 2 a 3,5 L.dia<sup>-1</sup> e a evapotranspiração da cultura variou de 3 a 5 mm.dia<sup>-1</sup>. Em plantas adultas realizou-se o experimento II, neste isolaram-se duas plantas das precipitações naturais para a realização do experimento. Na projeção da copa foram instalados nove conjuntos lisimétricos, sendo três para cada tratamento a ser implantado: Tratamento 1 água pura (testemunha), Tratamento 2 solução fertilizante (N, P e K) e Tratamento 3 solução fertilizante (N, P, K, Ca, Zn e B). A inclusão dos elementos Ca, Zn, B, e S na solução de N, P e K (Tratamento T3) promoveu aumento na absorção de água e nutrientes de 48% quando comparada à testemunha, e a aplicação de apenas os elementos N, P e K (Tratamento T2) foi superior à testemunha em 9%. O consumo de solução do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B, e S) foi superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 35%. A metodologia do lisímetro poroso apresentou resultados satisfatórios na medição do consumo de água pelas plantas adultas. Nas condições em que o experimento foi conduzido, ou seja, com valores de fração de área molhada de 5 % para PW e 13% para P, o consumo médio de água pelas plantas foi de 30 e 35 L.dia<sup>-1</sup> para as plantas 1 e 2, respectivamente. Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados referentes ao consumo de água pelas plantas mostraram que a aplicação de N e Ca via fertirrigação não promoveu aumento significativo nos valores de consumo de água pelas plantas. As menores doses de N e Ca proporcionaram os maiores valores de área foliar. Os valores de altura das plantas e diâmetro do tronco não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

# **CONSUMPTION OF FERTILIZING SOLUTIONS FOR ADULT PLANTS OF 'TAHITI' LIME ON 'RANGPUR' LIME IN LOCALIZED IRRIGATION**

Author: CARMELLO CRISAFULLI MACHADO

Adviser: Prof. Dr. RUBENS DUARTE COELHO

## **SUMMARY**

The citriculture plays fundamental role in the agribusiness of the State of São Paulo, however in the last 5 years many citrus growers feel the need to irrigate their orchards, looking for the stability and yield increase. For the development of the project three experiments were installed, being the first to evaluate the porous lysimeter developed by Machado & Coelho (2000), with the objective of determining the water consumption of young plants of 'Tahiti' lime on Swingle citrumelo (Experiment I). The second research trial was accomplished at an orchard of ten years old, and had the objective of measuring the consumption of fertilizing solution by the root system of 'rangpur' lime rootstock on 'Tahiti' lime, using the porous lysimeter methodology, in function of three different fertilizing solutions (Experiment II). The third experiment was conducted in a greenhouse with the objective of studying the vegetative development and the water consumption of seedlings of Pêra orange on 'rangpur' lime in function of fertigations with nitrogen and calcium in the first year from planting (Experiment III). Data of the experiment I was collected from three plants isolated properly from the natural rain, supplied with water only from the porous

lysimeter. The water consumption of the plants of 'Tahiti' lime on the Swingle Citrumelo rootstock with 1 and a half year old and medium wetted area fraction (P) of 4%, varied from 2 to 3.5 L.day<sup>-1</sup> and the crop evapotranspiration ranged from 3 to 5 mm.day<sup>-1</sup>. Experiment II was conducted with adult plants. Two plants were isolated from the natural precipitations for the accomplishment of the experiment. Nine lysimeters sets were installed in the canopy projection, being three for each treatment to be implanted: Treatment 1 pure water (control), Treatment 2 fertilizing solution (N, P and K) and Treatment 3 fertilizing solution (N, P, K, Ca, Zn and B). The inclusion of the elements Ca, Zn, B, and S in the solution of N, P and K (Treatment T3) increased the uptake of water and nutrients in 48% when compared to the control, and the application of only the elements N, P and K (Treatment T2) was superior to the control in 9%. The consumption of solution in the treatment T3 (N, P, K, Ca, Zn, B and S) was higher than the treatment T2 (N, P and K) in 35%. The methodology of the porous lysimeter presented satisfactory results in the measurement of the water consumption for the adult plants. In the conditions in that the experiment was conducted, that is, with values of wetted area fraction of 5% for PW and 13% for P, the average consumption of water by the plants was of 30 and 35 L.day<sup>-1</sup> for the plants 1 and 2, respectively. In the conditions the experiment was conducted, the results regarding the water consumption by the plants showed that the application of N and Ca through fertigation did not promote significant increase in the water consumption. The smallest doses of N and Ca provided the largest values of leaf area. The values of height of the plants and diameter of the trunk did not present differences among the treatments.

## **1 INTRODUÇÃO**

A citricultura apresenta uma contribuição significativa para a economia do Estado de São Paulo, gerando receita e inúmeras oportunidades de trabalho, diretos e indiretos. Em consequência da má distribuição temporal das precipitações nas regiões do parque citrícola do Estado, resultando em quedas de produtividade inesperadas e um conseqüentemente desbalanço no fluxo de caixa das propriedades, diversos citricultores sentem a necessidade de irrigar seus pomares, buscando estabilidade e aumento da produtividade de maneira a regularizar o balanço financeiro anual dessa atividade agrícola.

A década de 1960 pode ser considerada o início da irrigação dos citros no Brasil. A irrigação por aspersão destacou-se, inicialmente, sendo utilizado o sistema de aspersores de alta vazão. Os equipamentos eram portáteis e com exigência elevada de mão-de-obra. O alto consumo de energia e água estimulou a busca de alternativas nos sistemas mecanizados (autopropelido) e automatizados (gotejamento/microaspersão).

Buscando economia de água, energia elétrica e mão-de-obra, parte dos citricultores irrigantes opta por projetos de irrigação localizada, sendo que o principal problema encontrado nesse sistema de irrigação é o fato de a fração de área molhada ser reduzida, podendo em alguns casos não atender às exigências hídricas de plantas adultas nos primeiros anos de implantação do projeto de irrigação, período este em que o sistema radicular não está adaptado a essa nova situação, principalmente no período pós-florada, no qual a água é de suma importância para a fixação dos frutos.

A principal característica da irrigação localizada é o umedecimento de apenas uma parte do solo, que remete a uma questão fundamental: a porcentagem do volume de solo que deve ser irrigada, para que a planta consiga suprir suas necessidades hídricas, ou até que ponto é possível reduzir o volume de solo úmido, comparado com os métodos convencionais de irrigação (Pizarro, 1996). Um dos fatores mais importantes a considerar, no cálculo de uma instalação de irrigação localizada, é a proporção de superfície de solo, que deve ser umedecida, com relação à superfície total (espaçamento de plantio) e/ou à área de projeção da copa da planta, que pode estar ocupado pelas raízes, normalmente designado por fração de área molhada, e expresso em porcentagem. Em face das dificuldades técnicas encontradas nesse tipo de estudo, até o momento inexistem na literatura trabalhos que estabeleçam valores de fração de área molhada, tanto para a citricultura nacional quanto para a mundial.

No Brasil, a estação seca coincide com os meses mais frios do ano, o que constitui um contraste com o clima das regiões mediterrâneas de produção de citros, onde a estação seca ocorre nos meses quentes de verão e as chuvas, no inverno. Essas diferenças climáticas se refletem no desenvolvimento do sistema radicular, pois este se desenvolve de acordo com o bulbo molhado pelo emissor do sistema de irrigação nos meses quentes e secos do verão, enquanto, nas condições do Estado de São Paulo, as precipitações ocorridas nos meses quentes é que podem estar condicionando o desenvolvimento do sistema radicular. O sistema radicular dos pomares supridos pelas chuvas e que necessitam somente de irrigações suplementares, apenas nos períodos críticos, como o de pegamento de florada e fixação da carga produtiva do pomar, que para o Estado de São Paulo varia de 3 a 5 meses ano<sup>-1</sup>, dependendo da região, pode vir a se desenvolver basicamente em função das precipitações naturais dos meses de verão, e a dúvida que surge é se o sistema de irrigação localizada, com valor de fração de área molhada baixo, será capaz de suprir as quantidades de água e nutrientes requeridas para garantir o pegamento dos frutos e iniciar a frutificação.

O recente e popular conceito de "limitar a distribuição do fertilizante", ocasionando menor rendimento, embora possa significar uma solução para o controle do impacto ambiental, não poderia ser considerada a solução para a crescente demanda de

alimentos. A solução não deve excluir fertilizantes e, sim, fornecer às culturas quantidades de nutrientes necessárias, de forma adequada e eficiente. A promoção do uso eficiente e efetivo da água e dos fertilizantes foi identificada como uma importante contribuição à estratégia necessária para direcionar os problemas relativos à escassez de água e à prática intensa da agricultura. A fertirrigação é a aplicação dos fertilizantes ou dos elementos nutritivos necessários aos cultivos, juntamente com a água de irrigação. Trata-se, portanto, de aproveitar os sistemas de irrigação como meio de distribuição destes elementos nutritivos.

A fertirrigação é o método mais racional de realização de uma fertilização otimizada e respeitando o meio ambiente dentro da chamada agricultura sustentável. Com um planejamento inadequado, a ameaça de dano ambiental é inevitável, mas um manejo ajustado pode aumentar o rendimento, melhorar a qualidade, além de representar o melhor método de aplicação de fertilizante para a prática agrícola intensa e sustentável.

Assim, o objetivo do trabalho foi verificar o aumento do consumo de solução fertilizante em função da aplicação de diferentes soluções e, indiretamente, o aumento da atividade radicular do limão ‘Cravo’ sobre lima ácida ‘Tahiti’.

Para o desenvolvimento do projeto foram instalados três experimentos, sendo o primeiro com objetivo de avaliar os aprimoramentos realizados no lisímetro poroso apresentado por Machado (2000), e ainda de determinar o consumo de água de mudas de lima ácida ‘Tahiti’ sobre citrumelo Swingle com dez meses de transplantadas. O segundo trabalho de pesquisa foi realizado em um pomar com 10 anos de idade, com o objetivo de medir o consumo de solução nutritiva pela lima ácida ‘Tahiti’ sobre limão ‘Cravo’, em função de três tratamentos diferentes de fertirrigação (Tratamento 1: testemunha, Tratamento 2: N, P e K Tratamento 3: N, P, K, Ca, B, Zn e S). O terceiro experimento, conduzido em casa de vegetação, teve por objetivo determinar o consumo de água e o desenvolvimento vegetativo de mudas de laranja Pêra sobre limão ‘Cravo’ em função de fertirrigações à base de nitrogênio e cálcio.

Tais objetivos foram estabelecidos para testar as seguintes hipóteses:

a) o fornecimento dos nutrientes N, P, K, Ca, Zn, B e S via fertirrigação proporciona aumento da eficiência de absorção de água e nutrientes na área molhada pelo sistema de irrigação quando comparado com o fornecimento de apenas N, P e K, que tornaria viável a irrigação localizada de uma fração bastante reduzida do sistema radicular (10-15%) de citros;

b) a aplicação de N e Ca via fertirrigação em mudas cítricas promove um maior desenvolvimento vegetativo e radicular quando comparada com a aplicação isolada de N.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Aspectos gerais da cultura dos citros**

Os citros são plantas nativas de uma larga região asiática que se estende do nordeste da Índia até as Filipinas (Chapot, 1975). Embora originários dos trópicos úmidos com características mesofíticas, apresentam uma ampla área de dispersão no mundo. Como cultivo comercial de expressão econômica, a superfície é reduzida, restringindo-se às regiões subtropicais, entre 20° e 40° de latitude nos dois hemisférios (Ortolani et al., 1991).

Progenitores dos citros certamente estão localizados em sub-bosque de florestas de baixa latitude; Kriedemann & Barrs (1981) relatam que os cultivares contêm muitos atributos apropriados a essa situação: a) o crescimento vegetativo dominante em relação ao reprodutivo, que se manifesta em fluxos de crescimento vegetativo, mesmo em detrimento da fixação dos frutos; tal dominância parece ser importante para a sobrevivência da árvore nos espaços do sub-bosque; b) o desenvolvimento foliar exuberante (acima de 25% da massa fresca da árvore) e as folhas como maior reserva de carboidratos; c) a alta capacidade de transpiração, associada a uma baixa condutividade hidráulica do sistema radicular, formado por raízes suberizadas, equipadas com pêlos radiculares vestigiais. Conseqüentemente, a transpiração, sob alta demanda atmosférica, excede a capacidade de absorção de água do solo.

As plantas cítricas são verdes durante o ano todo, com dois ciclos principais de crescimento (de primavera, crescimento vegetativo e floral; de verão, principalmente vegetativo). As folhas estão em contínua reposição, podendo persistir na planta durante 1 a 3 anos, em um número médio de 50 mil a 100 mil folhas (planta adulta); são

consideradas mesofíticas, mas com muitas características xeromórficas (rígidas), sem atividade estomatal na parte superior da folha, com uma camada de cera, e o murchamento em folhas maduras só ocorre com potenciais de água considerados relativamente baixos (Guardiola, 1992).

### **2.1.1 O sistema radicular das plantas cítricas**

A propagação da cultura é feita principalmente por enxertia, existindo várias combinações de porta-enxertos e de copas na citricultura mundial. A enxertia é vantajosa, na medida em que pode proporcionar às plantas uniformidade e precocidade da produção, qualidade e uniformidade dos frutos, bem como tolerância a diversas enfermidades e condições adversas. No entanto, apesar da grande variedade de combinações de porta-enxertos e de copas, a citricultura brasileira está praticamente apoiada no limoeiro ‘Cravo’ (Pompeu Jr., 1991), que apresenta elevada resistência ao déficit hídrico no solo.

O uso de porta-enxertos é essencial, na medida em que confere às plantas caracteres agronômicos importantes. Os porta-enxertos afetam o vigor e a produtividade das plantas (Wutscher & Bistline, 1988); a absorção de nutrientes minerais (Castle & Kresdorm, 1975); o balanço hormonal (Stevens & Westwood, 1984); a qualidade dos frutos (Albrigo, 1977); a taxa de assimilação de gás carbônico e a transpiração (Yelenoski, 1991); a tolerância a doenças (Pompeu Jr., 1991) e à seca (Yelenoski, 1991). No Brasil cerca de 80% dos pomares são plantados sob o porta-enxerto limão ‘Cravo’, pela sua característica de induzir as plantas a uma maior tolerância ao estresse hídrico (Pompeu Jr., 1991).

As diferentes combinações de porta-enxerto *versus* copa apresentam comportamentos diferenciados em relação às trocas gasosas e às relações hídricas (Castle et al., 1989). As raízes do porta-enxerto podem manter o estado de hidratação na parte aérea, devido à sua arquitetura peculiar; maior relação raiz-parte aérea; maior condutividade hidráulica, ou ainda pela produção de hormônios indutores de alterações metabólicas, que garantem a absorção de água em solos mais secos (Hale & Orcutt, 1987).

O sistema radicular é formado por uma ou duas raízes pivotantes, de onde saem as raízes pioneiras. Das pioneiras, iniciam-se as raízes fibrosas e destas, as radículas, que são flexíveis, maleáveis, como as fibrosas. As raízes fibrosas e radículas são as responsáveis pelo processo de absorção de solução do solo.

O sistema radicular é uma estrutura física que dá suporte às plantas, funcionando como fundação para que o vegetal permaneça sobre o solo. Além disso, desempenha importantes atividades fisiológicas, tanto na síntese de fito-hormônios como na absorção de nutrientes da solução do solo. As atividades fisiológicas são moduladas pelos fatores que afetam a respiração, tais como a taxa de difusão do oxigênio e a temperatura do solo. Por outro lado, tanto a temperatura quanto a taxa de difusão de oxigênio e a sua quantidade são influenciadas pela umidade do solo (Magalhães, 1988).

A disponibilidade de oxigênio no solo está diretamente relacionada com o acúmulo de matéria seca nas plantas, atuando sobre a emissão de radículas; nesse sentido, é substancialmente menor a concentração de radículas, quanto menos oxigênio estiver disponível. Se, por um lado, a umidade excessiva no solo, durante períodos de curta duração, causa redução na disponibilidade de oxigênio, isso não chega a prejudicar o sistema radicular das plantas cítricas, pois simplesmente induz a uma redução na atividade de absorção e na taxa de crescimento das raízes. À medida que o solo seca e o nível de aeração seja normalizado, o sistema radicular volta a crescer e a operar regularmente (Marsh, 1968). A temperatura do solo afeta diretamente o crescimento das raízes das plantas, particularmente do gênero *Citrus*, sendo de 20°C a 34°C o intervalo adequado para o crescimento das raízes e 20°C a temperatura ideal. Fora desse intervalo, o crescimento é insignificante.

As radículas dos citros encontram-se num extrato muito superficial do solo: segundo Moreira (1988), 45,46% da radículas de árvores de citros adultas estão distribuídos em até 15cm de profundidade; 59,36%, em até 30cm e 73,12%, em até 60cm.

A água é o elemento fundamental para o desenvolvimento das raízes das plantas de citros; no entanto, a extensão do seu efeito no crescimento das raízes e da

planta, como um todo, depende de como é aplicada, da permeabilidade do solo, das condições físicas relacionadas com o movimento da água, da temperatura do solo e da água, da interação entre aeração e disponibilidade de água para a planta, e ainda da necessidade hídrica da planta nos diferentes estádios fenológicos (Marsh, 1968).

A manutenção das atividades fisiológicas e metabólicas dos tecidos que compõem o sistema radicular depende, também, do funcionamento harmônico das diferentes partes das plantas, principalmente das folhas, as quais são responsáveis pelos processos de produção de carboidratos, aminoácidos e outros compostos carbônicos sintetizados na fotossíntese, dos quais dependem a manutenção e o crescimento das plantas (Magalhães, 1988).

Havendo água disponível, o sistema radicular dos citros cresce continuamente, em razão da absorção e da acumulação da água nos vacúolos das células, promovendo o alongamento das raízes e, assim, o crescimento em volume desse órgão. Simultaneamente, compostos carbônicos metabolizados são transportados das folhas e depositados como macromoléculas, constituindo os elementos estruturais dos tecidos radiculares. Além disso, os carboidratos que chegam às raízes são utilizados como substratos para a manutenção dos processos de respiração e de produção de energia metabólica, essenciais para sustentar a absorção ativa dos elementos do solo (Hilgeman, 1977).

### **2.1.2 Absorção e necessidade hídrica da cultura**

Segundo Reichardt (1990), são inúmeros os fatores que interferem na absorção de água pelas plantas. Tais fatores, sem obedecer a uma ordem preferencial, são: a) referentes à planta: extensão e profundidade do sistema radicular, superfície e permeabilidade radicular, idade das raízes e atividade metabólica da planta; b) referentes à atmosfera: umidade relativa do ar, disponibilidade de radiação solar, vento e temperatura do ar; c) referentes ao solo: umidade, capacidade de água disponível, condutividade hidráulica, temperatura, aeração e salinidade da solução do solo.

Embora a arquitetura e a condutividade hidráulica das raízes possam melhorar a capacidade de absorção de água e manter a copa mais hidratada, também podem levar ao

secamento mais rápido do solo. Laborem et al. (1991) observaram, em cultivo irrigado de laranja 'Valência', que o porta-enxerto limão 'Volkameriano', por sua grande capacidade de absorver água, promoveu o secamento mais rápido do solo, exigindo uma frequência maior de irrigação em comparação aos porta-enxertos citrange 'Carrizo' e tangerina 'Cleópatra'.

A melhor forma de se medir a absorção de água pelas plantas é através da transpiração; em culturas agrícolas, torna-se, porém, difícil a medição da transpiração em separado, porque o solo também perde água por evaporação através de sua superfície. A absorção de água pelas plantas pode também ser estimada através da variação de armazenamento de água no solo, para um período sem chuva, no qual o movimento descendente de água no perfil é desprezível. Se a cultura cobrir totalmente o solo, a evaporação deste pode ser desprezada e a perda total de água é igual à absorção radicular das plantas (Reichardt, 1990).

O conhecimento da demanda hídrica por parte de uma cultura é muito importante para a elaboração de um projeto de irrigação. Para isso, existe uma extensa literatura que pode ser utilizada na determinação de ET de referência ou na sua estimativa através da evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>), sendo, no entanto, necessário o uso de um coeficiente adequado a cada cultura, o coeficiente de cultura (k<sub>c</sub>) (Doorenbos & Pruitt, 1977).

A evapotranspiração de uma cultura como dos citros, do tipo arbórea, geralmente é um parâmetro difícil de ser medido (Koo, 1958), sendo comum a utilização de valores estimados. As estimativas obtidas geralmente de modelos agrometeorológicos mais ou menos complexos, como, por exemplo, os de Penman (1948), ou de Thornthwaite (1948) ou Thornthwaite & Mather (1955), ou através de aparelhos mais simples, como o tanque Classe A.

A necessidade hídrica para se obter alta produção varia com o clima, com a cobertura do terreno, com sua limpeza ou controle de plantas daninhas, com o estado nutricional da planta e, ainda, com a combinação de copa porta-enxerto. As necessidades hídricas totais variam entre 900mm e 1900mm por ano de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977); já Davies & Albrigo (1994) citam que, em geral, árvores de citros perfeitamente

desenvolvidas requerem de 1000mm a 1563mm de água por ano para repor a água perdida por evapotranspiração, embora perdas devidas ao escoamento superficial e percolação podem ser grandes. Quando se fala em necessidade hídrica de uma dada cultura, tem-se que pensar na determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>m</sub>), em virtude de sua importância nos projetos e manejo da irrigação. Um dos principais métodos utilizados é o proposto pela FAO, Boletim 24, o qual relaciona a evapotranspiração de referência junto com um grupo de coeficientes empíricos de cultura (K<sub>c</sub>). Pelo fato de este método se basear em parâmetros ou dados relativamente fáceis de serem obtidos, esta é considerada uma metodologia prática. Uma das principais limitações do método é que no Brasil ocorre uma falta de informações dos diferentes valores de K<sub>c</sub> para as diversas condições de solo, clima, manejo, porta-enxerto, pois os valores fornecidos pela FAO representam somente as regiões áridas, o que difere das principais regiões produtoras de citros no Brasil (Doorenbos & Pruitt, 1976).

As referências na literatura sobre o coeficiente k<sub>c</sub> para citros são escassas nas publicações internacionais e, principalmente, nas publicações nacionais. Duas importantes publicações da FAO, Doorenbos & Kassan (1979) e Doorenbos & Pruitt (1984), fizeram uma síntese para as diferentes condições de cultivo e estágio de crescimento da cultura, ao longo do ano, sendo 0,90 para os meses de janeiro e fevereiro e 0,85 para o período de março a dezembro.

Segundo Ribeiro (1993), para as condições de Limeira-SP em solo litólico de textura variada, o limão 'Tahiti', sobre o porta-enxerto limão 'Cravo' com 3 anos e meio de idade e formado sem irrigação, determinou o coeficiente de cultura k<sub>c</sub>, que variou em média de 0,61 a 0,90 durante o ano. Em seu trabalho, as determinações de umidade do solo tinham a finalidade de controle e manejo da microaspersão; portanto, o coeficiente de cultura obtido foi denominado k<sub>c</sub> operacional.

No Arizona, foi determinada a razão entre a evapotranspiração (ET) e a evaporação (EV) do tanque Classe A; os resultados variaram de 0,45 em janeiro a 0,58 em julho (Hilgeman & Van Horn, 1954). No sul da Califórnia, durante o verão, Reeve & Furn (1941) obtiveram razões entre ET/EV mais baixas, de 0,25 para 0,30, sendo que as medidas em tanque evaporimétrico eram feitas em tanque raso de fundo preto. Kalma

(1972), acompanhando balanço hídrico e variações de umidade do solo num pomar de laranjas em Israel, plantado com espaçamento 4m x 4m encontrou valores médios de ET/EV de 0,54. As taxas de ET variaram de 1mm no inverno a 4,4mm no verão. No Arizona, Van Bavel et al. (1966) estimaram ET/EV de 0,66 para um pomar maduro. Taxas diárias de ET, no Arizona, variaram de 0,9mm no inverno 5,3mm no verão.

Rogers et al. (1983), Koo & Hurner (1969) e Hoffman et al. (1982), os dois primeiros para as condições da Flórida, e o último para as condições do Arizona, são trabalhos básicos a respeito da ET para cultura dos citros, cujos resultados são até hoje referenciados. Rogers et al. (1983) encontraram valores de ET anual medida da ordem de 820mm a 1280mm (média de 1210mm). Koo & Hurner (1969), utilizando dados de Koo (1958), relatam valores de ET de 1170mm, para pomares não cultivados na entrelinha, e Hoffman et al. (1982) encontraram valores de 1470mm, para plantas adultas de citros. Os valores determinados de kc feitos pelo trabalho de Rogers et al. (1983) são superiores àqueles sugeridos por Doorembos & Pruitt (1975), com kc da ordem de 0,95 e 1,0. A metodologia utilizada por estes trabalhos foi com o uso de lisímetros.

Fares & Alva (1999), trabalhando com plantas jovens de citros para as condições da Florida, encontraram ET da ordem de 32% a 68% da ETo, valores já bem abaixo dos encontrados por Rogers et al. (1983), para as mesmas condições. Castel (1997) monitorando plantas jovens de citros em Valência, na Espanha, sugerem valores de kc 20% menores que os sugeridos por Doorembos & Pruitt (1975) para plantas de mesmo tamanho.

Para as condições climáticas de Piracicaba e em solo de características arenosas, como latossolo vermelho amarelo, Cruz (2003) determinou, em pomar sem irrigação, valores de ETc que variaram de 1,6 a 4 mm dia<sup>-1</sup> para o período de agosto a dezembro, e a relação entre ETc e evaporação do tanque Classe A de 0,5, 0,3, 0,9, 0,6, e 0,5 para os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

Conforme observado, os resultados de consumo de água e kc são muito variados. A idade das plantas, as condições de cultivo, a erros experimentais, a combinação copa porta-enxerto, solo, clima e sistemas de irrigação utilizados são elementos que

dificultam a obtenção de valores práticos para uso extensivo na orientação da irrigação. A quantidade de água necessária à cultura, e que se pode aplicar na forma de irrigação, pode ser calculada estimando-se a evapotranspiração potencial e multiplicando-se por um fator ( $k_c$ ), que representaria a demanda ideal, favorecendo a obtenção de elevadas produções.

### **2.1.3 Interação água-solo-planta-atmosfera**

A condutividade hidráulica do sistema radicular constitui um dos fatores determinantes do movimento da água no sistema planta-atmosfera. Uma maior condutividade hidráulica das raízes pode permitir melhor hidratação das folhas e, assim, proporcionar maior abertura dos estômatos, facilitando as trocas gasosas (Sinclair & Allen Jr., 1982).

O conceito de disponibilidade de água no solo baseia-se na transmissividade hidráulica do meio poroso em direção às raízes. Quando a demanda de água da planta e da atmosfera é suprida pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz, diz-se que a água está disponível para a planta. No entanto, a planta entra em condição de déficit hídrico quando o fluxo de água não supre essa demanda. O efeito do déficit hídrico no vegetal é um processo que envolve os efeitos hidráulicos dentro de cada um dos seus órgãos, particularmente na condutância das folhas. Combinam-se eles com alterações químicas, que intensificam a síntese do etileno, o qual irá determinar a queda de folhas. Havendo a abscisão, ocorrerá uma redução da superfície foliar, minorando-se, assim, a perda de água pelo vegetal por evapotranspiração, e causando um aumento do potencial hídrico das folhas remanescentes (Castro, 1994).

Uma das maneiras de avaliar como as plantas se adaptam às condições adversas é verificar a eficiência de assimilação de  $\text{CO}_2$  para a síntese de carboidratos necessários ao crescimento e ao desenvolvimento. Para o  $\text{CO}_2$  atmosférico atingir os cloroplastos nas células do mesófilo foliar, e ser reduzido a carboidrato, é necessário que penetre na folha pelos estômatos e se difunda entre os espaços inter e intracelulares. A abertura estomática, entretanto, propicia a perda de água, o que é devido ao gradiente de potencial hídrico estabelecido entre a superfície interna hidratada e a atmosfera.

Condições naturais propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto condições propícias à perda de água favorecem o seu fechamento. Ou seja, se, por um lado, a queda da condutância estomática diminui a perda de água no período de maior demanda hídrica pela atmosfera, por outro, há queda da assimilação de CO<sub>2</sub>. O movimento estomático é o meio mais rápido de que a planta dispõe para se ajustar às variações ambientais a que as folhas são submetidas. A regulação da abertura estomática ocorre por mecanismos complexos, que parecem agir no sentido de minimizar as perdas de água e de maximizar a assimilação de gás carbônico, de modo a otimizar as trocas gasosas (Cowan, 1982). Esses processos são determinados geneticamente. Parte das respostas ao estresse ocorre no nível foliar, em resposta ao estímulo gerado nas próprias folhas ou em outra parte da planta.

É comum a ocorrência da depressão da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> entre as 12h00 e as 14h00 devida a um fechamento parcial do estômato (Downton et al., 1988), o que causa redução simultânea da perda de água. Em geral, a queda da assimilação está associada ao aumento do déficit de pressão de vapor d'água no ar, que frequentemente ocorre com o aumento da temperatura nas horas de maior intensidade de radiação solar (Khairi & Hall, 1976). Para Kaufmann (1977), a condutância estomática diminui durante o dia, mas não proporcionalmente ao déficit de pressão de vapor; foi de 0,2cm.s<sup>-1</sup> o valor máximo de condutância estomática encontrado na laranjeira 'Valência'.

Se, por um lado, a queda da condutância diminui a perda de água no período de maior demanda hídrica pela atmosfera, economizando água, por outro, há queda da assimilação de gás carbônico. Isto significa que o potencial fotossintético não está sendo realizado. A manutenção da taxa de assimilação de gás carbônico, nos horários de maior quantidade de energia disponível, seria vantajosa, uma vez que os fotoassimilados constituem a única fonte de substrato orgânico para o crescimento e a produção em plantas. Quando se objetiva a alta produtividade, talvez o ideal fosse que a planta economizasse água somente quando as condições hídricas do solo fossem inadequadas, procurando manter, em condições hídricas favoráveis, altas taxas de transpiração e de assimilação de CO<sub>2</sub> (Machado & Lagôa, 1994).

A depressão na assimilação de CO<sub>2</sub> relaciona-se à temperatura, os valores ideais para a atividade fotossintética do citros variam de 25° a 31°C. De 38° a 40°C ou abaixo de 12°C, a atividade fotossintética é praticamente nula. Temperaturas altas aumentam a taxa de respiração, diminuem a taxa de fotossíntese e podem reduzir a atividade de enzimas (Hale & Orcutt, 1987).

#### **2.1.4 Temperatura e déficit hídrico**

Tanto os efeitos de temperaturas baixas como de déficit hídrico podem desencadear o processo de indução floral, que culmina com a floração. No entanto, na ausência de deficiência hídrica, é a temperatura que atua predominantemente na sensibilização da planta (Tubelis e Sabile, 1991).

A interação dos fatores temperatura e disponibilidade hídrica desencadeiam para as plantas reações metabólicas relacionadas com balanço entre carboidratos e nitrogênio, que são os substratos para a síntese metabólica, juntamente com os hormônios vegetais (Giorgi et al., 1991).

Após o término da floração, inicia-se o crescimento dos frutos. Nesse período, a planta apresenta alta taxa respiratória (meses de agosto a janeiro) e, tanto na fase de início de frutificação como na fase final de formação dos frutos, a queda destes (abortamento de chumbinhos), decorrente de choques térmicos e principalmente de déficit hídrico no solo, pode ser determinante para a produção (Tubelis e Salibe, 1991).

Como cultura perene, a resposta dos citros ao suprimento de água em determinado período de desenvolvimento dependerá muito do nível de suprimento de água durante as temporadas anteriores, bem como durante a temporada de crescimento. Geralmente, quando a água não é suficiente, o crescimento é retardado; as folhas se enrolam e caem; os frutos jovens caem e os que amadurecem são deficientes em termos de suco. Quando o esgotamento de água do solo alcança o ponto de murcha permanente, cessa-se o crescimento da árvore e, conseqüentemente, são afetados os frutos e as folhas, seguidos dos ramos pequenos, depois os ramos maiores e, finalmente, toda a árvore (Doorenbos & Kassan, 1979).

O novo crescimento vegetativo em qualquer época é sempre influenciado pelos efeitos residuais de crescimento em temporadas anteriores. O crescimento vegetativo das árvores jovens determina seu tamanho final e sua capacidade futura de produção de frutos. Para plantas adultas, o vigor de crescimento determina o ritmo de substituição dos ramos frutíferos. Qualquer efeito de déficit hídrico sobre o desenvolvimento das raízes e das folhas pode prejudicar o número e o tamanho dos frutos em épocas posteriores da temporada. Devem-se evitar os déficits hídricos quando o crescimento vegetativo for muito rápido. Entretanto, um crescimento demasiadamente vigoroso e exuberante antes da floração e formação do fruto pode prejudicar a produção de frutos de qualidade boa (Marcondes & Coelho, 1996).

Nos citros, o período de repouso parece ser essencial para a floração. A duração desse período determina a quantidade de flores produzidas. O período de repouso, preferivelmente com dois meses de duração, pode ser induzido tanto mediante temperaturas baixas de inverno nas zonas subtropicais como por um período de déficit hídrico (chuva ou irrigação  $\leq 50\text{mm}$  a  $60\text{mm}$ ) nas zonas tropicais. A iniciação das gemas florais ocorre durante o período de repouso, quando o crescimento vegetativo é mínimo. O déficit hídrico pode provocar alguns efeitos prejudiciais na produção da cultura a longo prazo, em comparação com o que ocorre quando o repouso é provocado por um período frio. Uma vez terminado o período de repouso, é necessário um suprimento adequado de água porque o déficit hídrico prolongado não só retarda a floração como também provoca produção excessiva de flores. Isso pode resultar em menores rendimentos na próxima temporada e, possivelmente, nas temporadas subseqüentes a um ciclo bienal de produção de frutos. No caso de limões, comumente utiliza-se déficit hídrico no verão para começar a floração fora da temporada a fim de se obter produção no período de melhor preço (Zanini et al., 1998).

O período de floração é muito sensível ao déficit hídrico, o que reduz diretamente a produção de frutos. Durante esse período, a nutrição, especialmente o nitrogênio, também é essencial, sendo ainda necessário dispor de água suficiente para que os nutrientes sejam absorvidos pela cultura. Além disso, o déficit hídrico durante o desenvolvimento dos frutos reduz o rendimento, provocando queda dos frutos. O déficit

hídrico no início da formação da colheita pode aumentar a queda de frutos e reduzir seu crescimento. Entretanto, esgotamento de água do solo que provoque déficit hídrico moderado, na maturação dos frutos, pode ser desejável, em virtude de aumentar os teores de sólidos solúveis e de ácidos nos frutos. O limão, em especial, pode produzir durante todo o ano sem efeitos prejudiciais ao crescimento das árvores ou ao seu rendimento (Marcondez, 1991).

## **2.2 Irrigação localizada na cultura dos citros**

A irrigação localizada, que engloba o gotejamento e a microaspersão, apesar de disponível no Brasil a partir de 1973, somente nos últimos dez anos tem revelado crescimento expressivo na citricultura paulista, o que, em parte, é explicado pelas crescentes vantagens obtidas pelo produtor com redução do consumo de água e energia, além da redução da mão-de-obra exigida (Favetta, 1998). A seguir são citadas as vantagens e desvantagens da irrigação localizada mostradas por Zanini et al., 1998. Vantagens: grande uniformidade e eficiência de aplicação de água; baixo consumo de energia, devido à baixa potência do conjunto de acionamento em função das baixas vazões e baixas pressões de operação; baixa necessidade de mão-de-obra, especialmente em sistemas com automação; indicado para realização de fertirrigação; indicado para qualquer condição de topografia; menor consumo de água por irrigar as plantas localizadamente; não interfere em tratos culturais, sobretudo no tratamento fitossanitários; possibilidade de 24h de irrigação por dia; possibilidade de ajustar o diâmetro de molhamento e a quantidade de água aplicada desde o plantio até o completo desenvolvimento da planta. Desvantagens: tratando-se de um sistema fixo de irrigação, o investimento inicial é alto; altamente exigente em qualidade física e química da água, necessitando de bom sistema de filtragem; suscetibilidade dos componentes a roubo, danificações casuais ou por vandalismo ou mesmo por animais roedores; em alguns casos pode provocar interferência para locomoção de máquinas na cultura e na realização de colheita; a maioria dos componentes utilizados no sistema não possuem valor de revenda, devendo-se prever utilização exclusiva para o projeto implantado; em razão da pequena fração de área molhada na projeção da copa, a planta demora a se

adaptar à nova condição de fornecimento de água à planta, e com isso o aumento de produtividade nem sempre se dá no primeiro ano de implantação do projeto.

Um dos fatores mais importantes a considerar no cálculo de um sistema de irrigação localizada é a proporção de superfície ou de volume de solo, que deve ser umedecido, com respeito à superfície total, ou ao volume de solo que pode estar ocupado pelas raízes (projeção da copa), normalmente designado por P e expresso em porcentagem. Não se tem estabelecido um valor "mínimo absoluto" para P. Segundo Bernardo (1995), a fração de área molhada (PW) depende do espaçamento entre os gotejadores, da vazão dos gotejadores, da lâmina aplicada por irrigação e do tipo de solo. Na determinação do valor de PW, há dois casos a considerar: o primeiro, quando se irriga uma faixa contínua do solo utilizado nos cultivos em fileira; o outro, quando se irriga por árvore, ou seja, não se formará uma faixa molhada contínua, mas sim áreas molhadas, distintas por árvore.

A porcentagem de área molhada (PW) é calculada em função do espaçamento de plantio do pomar e da área molhada (equação 1); já a relação entre a área de projeção da copa da planta e a área molhada (P) é calculada de acordo com a equação 2 (Bernardo, 1995)

$$Pw = \frac{\text{Área molhada por planta}}{\text{Área total (espaçamento de plantio)}} \quad (1)$$

$$P = \frac{\text{Área molhada por planta}}{\text{Área de projeção da copa}} \quad (2)$$

A escolha do valor de P tem muita importância, pois altos valores de P aumentam a segurança do sistema, principalmente nos períodos de altas taxas de evapotranspiração. É que um maior volume de solo explorado pelas raízes permite maior absorção de água e contém maior volume de água disponível no solo, aumentando sua disponibilidade, caso aconteça algum problema no equipamento de irrigação. Com relação aos custos do projeto, quanto maior o valor de P, maior o custo de instalação

(maior número de emissores por planta). Já quanto maior o intervalo entre irrigações, maior o risco para valores de P próximos ao mínimo (Pizarro, 1996).

Os benefícios da irrigação para a citricultura são indiscutíveis, porém, em regiões cujas condições climáticas não são bem definidas, e onde ocorrem variações anuais, principalmente no que se refere à distribuição temporal e à altura total precipitada. Os rendimentos econômicos da citricultura irrigada comparada à de sequeiro devem ser quantificados a médio e longo prazo: 5 a 10 anos (Vieira, 1988).

### **2.2.1 Adaptação de pomares adultos à irrigação localizada**

A irrigação de pomares, com microaspersor ou gotejador, é uma técnica em expansão em todo o mundo. Essa prática levou a vários experimentos, com diferentes frações de áreas molhadas, notando-se mudanças no desempenho das raízes das árvores monitoradas. A aplicação freqüente de quantidades de água para uma área de menor superfície molhada correspondeu a uma melhora na eficiência de absorção, com pequeno impacto no crescimento de plantas cítricas (Bielorai, 1982; Moreshet et al., 1983). Tais estudos revelam não ser necessário o suprimento de água em todo o sistema radicular da planta para que ocorra um aumento da produtividade, porque as plantas têm a capacidade de se adaptar a mudanças drásticas na fração de área molhada pela irrigação (Poni et al., 1992). Quando a zona radicular é inteiramente provida de água, as raízes têm o potencial de transferi-la a taxas muito maiores que as normalmente obtidas.

Bielorai (1982) estudou os efeitos da porcentagem de área molhada (PW) sobre a produção, eficiência de uso da água e qualidade do fruto em pomelo irrigado por gotejamento e aspersão, em Negev, Israel. A maior produtividade ( $192,6\text{kg.planta}^{-1}$ ) foi obtida nas plantas irrigadas com PW igual a 40%, repondo-se 100% das necessidades hídricas das plantas.

Moreshet et al. (1983) constataram que as raízes das árvores parcialmente irrigadas contribuíram com aproximadamente 90% para a transpiração total da temporada, considerando-se que os 10% restantes vieram das raízes que residem na terra mais seca.

Tan & Buttery (1982) verificaram que as exigências do pêsego por água poderiam ser satisfeitas irrigando-se somente a metade da zona radicular. Poni et al. (1992) obtiveram resultados semelhantes com experiências ao dividirem ao meio as raízes de maçã, de uva, de pêsego e de pêra. Perceberam uma retenção de água na metade do sistema radicular, onde o efeito foi pequeno em relação ao total de água utilizado pela planta. Assim, Poni et al. (1992) verificaram um efeito compensatório na área molhada do sistema radicular, concluindo que a irrigação de uma parte desse sistema é melhor para a absorção de água, como resposta aos diferentes níveis de água disponível na zona radicular da planta.

Green & Clothier (1995) observaram maior absorção de água na porção do sistema radicular de kiwi molhada pela irrigação localizada, concluindo que o fato se relaciona com maiores distribuição, comprimento e densidade radicular. Observou-se, ainda, uma atividade irregular perto da superfície do solo, camada onde ocorreu maior absorção de água. Como as plantas de kiwi são capazes de mudar rapidamente o modelo de absorção, nas regiões secas, quando irrigadas, passam a extrair água já com facilidade, bastando tê-la disponível para que o processo de absorção funcione bem.

Em cinco anos estudando a produção da laranja 'Valência' e sua resposta à quantidade de água aplicada pelo método de irrigação por gotejamento e microaspersão, Koo & Smajstrla (1984) basearam suas irrigações em 100%, 50% e 25% do potencial de evapotranspiração, calculado a partir do resultado da evaporação. A produtividade resultante dos diferentes métodos de irrigação foram para o sistema do tipo microaspersão, com cobertura de 28% a 51% da área debaixo da copa da árvore; observou-se uma majoração, no rendimento, de 65%, quando comparado à testemunha não irrigada; já o sistema de irrigação por gotejamento, com cobertura de 5% a 10% da área abaixo da copa da árvore, aumentou o rendimento em 44%.

De acordo com Green et al. (1997), o fluxo de seiva na raiz de macieira irrigada aumentou em 50% após a irrigação por gotejamento, com um bulbo molhado de aproximadamente 0,6m de diâmetro e 0,25m de profundidade. O fluxo de seiva nas raízes irrigadas elevou-se por um período de dez dias, até que a maioria da água disponível tivesse sido consumida. Tais resultados demonstram que as raízes das

macieiras têm a capacidade de transferir água em grande quantidade de pequena área molhada, quando comparada com o padrão que normalmente ocorre quando toda a zona radicular é suprida de água. E ainda são capazes de substituir rapidamente o modelo de absorção de água e de começar a absorvê-la das regiões onde esta esteja mais disponível.

Segundo Goell (1992), algumas indagações surgiram com o aparecimento da necessidade de se determinar o volume de solo a ser irrigado. Nesse sentido, conclui que um volume molhado de 50% a 70 % do solo é tão eficiente para o suprimento de água, quanto os 100% exigidos no contexto teórico da irrigação até então utilizada. Descobriu que o sistema radicular das plantas cítricas adapta-se às condições de irrigação parcial do solo, e que o crescimento extra de radículas compensa esse menor volume molhado. Segundo o autor, a fase de adaptação é mais difícil em solos arenosos e para plantas cítricas adultas; neles, porém, a manutenção constante de um volume com nível adequado de umidade, por meio de irrigações de alta frequência, favorece o ajuste das raízes à nova condição.

O volume de solo molhado na irrigação por gotejamento é muito menor quando comparado com outros métodos de irrigação. Entretanto o desenvolvimento de um sistema radicular bastante ativo compensa a redução do volume de solo explorado, através do uso mais eficiente da água e dos nutrientes no volume molhado (Olitta, 1984).

Sob o aspecto da irrigação suplementar, Vieira (1988) relatou que esta deve ser iniciada quando as plantas cítricas ainda estão jovens, até no máximo três anos de idade. Isso porque a irrigação, durante a fase em que a planta é jovem, tem grande influência no crescimento vegetativo, levando ao desenvolvimento de plantas adultas com maior vigor e maior capacidade produtiva. A implantação de irrigação em plantas adultas pode ser realizada, porém o sistema radicular da cultura terá que se adaptar à nova situação para beneficiar-se da irrigação, o que pode levar cerca de três anos.

Vermeiren & Jobling (1980) citam que cerca de 50 por cento (P=50%) parecem ser suficientes; uma média razoável para o cálculo de um projeto é umedecer pelo menos um terço (P=33%) do conjunto da zona radicular potencial, no caso de um pomar onde as plantas estejam espaçadas, caso as plantas estejam em renque, deve-se umedecer todo o volume do solo para assegurar, a cada planta, água em quantidade

suficiente; já em áreas com chuvas intermitentes intensas durante o ciclo e onde a irrigação tem caráter suplementar,  $P=20\%$  parece ser uma base razoável de cálculo.

Para cada tipo de cultura existe um valor de PW recomendado. Para árvores e plantas cultivadas em parreiras, a PW varia de 33% a 67%; por outro lado, se a irrigação for suplementar, a PW pode ter valor inferior a 33%, em solos de textura média (Keller & Bliesner, 1990). Bernardo (1995) comenta que em regiões áridas, a PW deve ser no mínimo de 33%, enquanto em regiões sujeitas a maiores precipitações o seu valor mínimo pode ser de 20%.

Zekri & Parsons (1989), trabalhando com pomelo irrigado na Flórida, observaram que em climas áridos as raízes das árvores ficam confinadas em um pequeno volume de solo, adaptando-se bem ao pequeno volume molhado pelos emissores; porém, em locais da Flórida, onde o clima é úmido e chuvoso, as raízes não ficam confinadas no volume molhado gerado pelos emissores. Em regiões chuvosas, um PW pequeno pode ser suficiente para árvores jovens, mas não para plantas adultas.

A irrigação suplementar realizada no Estado de São Paulo tem a duração aproximada de 4 meses. Durante 8 meses do ano, o sistema radicular tem água disponível em 100% da área, o que se deve à ocorrência de precipitações; dessa forma, os sistemas de irrigação que utilizam uma pequena fração de área molhada poderão não suprir adequadamente a necessidade hídrica da cultura, no período de irrigação (Machado, 2000).

A maioria das experiências relatadas na literatura, com as diferentes culturas, indicam que, irrigando-se uma área de 50% da projeção da copa, a planta irá se adaptar rapidamente a esse novo padrão de absorção de água. Do ponto de vista econômico, levando-se em conta a redução dos custos com as tubulações de polietileno e o número de emissores por planta, o ideal seria projetar sistemas de irrigação localizada irrigando entre 10% e 15% da projeção da copa, nos pomares cítricos do Estado de São Paulo. Outro detalhe a considerar é que, normalmente, os pomares em que se faz a opção pela irrigação apresentam um índice de cobertura do solo de 30%, na condição de sequeiro, o que deverá passar a 60% com a irrigação, diminuindo a área molhada (P) para 5% a 7,5% da projeção da copa. Na literatura disponível, o relato de pesquisas de irrigação

localizada na faixa de 5% a 15% de P é escassa e, especificamente para citros, inexistente (Machado, 2000).

### **2.3 Aspectos nutricionais**

Em condições naturais as plantas retiram seus nutrientes de uma mistura heterogênea de íons, a solução do solo. O objetivo da adubação é aumentar a concentração de um ou mais nutrientes na solução do solo. Tanto a adubação quanto a correção da acidez visam a suprir a necessidade dos citros em relação a macro e micronutrientes, proporcionando máxima produção econômica, se não houver outros fatores limitantes (Duenhas, 2001).

Os períodos de maiores demandas de nutrientes durante o ano são: N antes da brotação da primavera; N e P, florescimento; K, final do florescimento; N e K, início da frutificação; N, P, K, desenvolvimento e maturação dos frutos. A absorção de elementos minerais pelos citros se dá durante todo o ano, porém, é maior no florescimento e quando se formam as folhas e ramos novos (Malavolta & Violante Netto, 1989).

O nitrogênio é de suma importância para os citros, com participação no crescimento e aspecto verde das plantas, na produção e na qualidade dos frutos. Este é componente de proteínas, clorofila, aminoácidos, alcalóides, amidos, enzimas e outras substâncias. Os citros absorvem o nitrogênio nas formas nítricas, amídica e amoniacal. O fósforo é componente de leticinas e de enzimas, devendo ter ação importante nas reações de oxidação e redução das células. É essencial ao crescimento normal das plantas. A função do potássio na nutrição das plantas é pouco conhecida, mas sabe-se que muitas delas são altamente exigentes em K. A dificuldade de associar o K com funções específicas decorre de sua alta mobilidade dentro da planta. A principal ocorrência do K é sob a forma de sais inorgânicos solúveis. É atribuída ao K a função de auxiliar no crescimento divisão celular de tecidos jovens. Parece que o K é necessário para a síntese de carboidratos, proteínas e óleos das plantas; é também regulador e catalisador do metabolismo das plantas (Rodrigues, 1991).

A análise química da folha é uma ferramenta útil e deve ser usada em combinação com análises químicas do solo, para que as duas técnicas se completem,

superando as limitações individuais da cada uma. A composição mineral da folha é o resultado final de todos os fatores que agiram e interagiram até determinado momento. Vários fatores afetam a composição mineral das folhas, como a presença ou ausência de frutos, a idade das folhas, variedades e porta-enxertos e os elementos aplicados (Salomão, 1999).

Sempre que as reações de transferência do elemento não o fornecerem em quantidade suficiente ao sistema radicular, ou houver demasiada subtração por erosão ou lixiviação, tem-se que aumentar sua concentração na solução do solo através da adubação, evitando concentração salina exagerada (Malavolta & Violante Netto, 1989).

O N foliar tem relação direta com o número de flores e o pegamento destas, e seu excesso provoca atrasos na maturação dos frutos. O P possui efeito sobre o número de flores e o seu pegamento. Sua ausência aumenta a queda de frutos, sendo que níveis baixos adiantam a maturação dos frutos e níveis altos a atrasam. A deficiência de K aumenta a queda de frutos, e seu excesso atrasa a maturação destes. O B, juntamente com o Ca reduz a queda de frutinhos e aumenta o pegamento de flores (Malavolta et al., 2000).

Kampfer & Uexkull (1966), citados por Malavolta & Violante Netto (1989), determinaram a composição mineral da parte vegetativa da laranjeira, obtendo o cálcio como elemento dominante, seguindo-se pelo N, K, P, S e o magnésio, principalmente nas partes lenhosas (40%) e nas folhas (34% do Ca total da planta) (Rodrigues, 1991). É elemento de grande importância no desenvolvimento das raízes, essencial, portanto, ao crescimento das plantas. Tem a função enzimática, age no transporte de metabolitos e afeta a divisão celular e a estabilidade cromossômica. O pectato de cálcio é substância cimentante que mantém as células unidas. A deficiência de Ca em solos ácidos leva a um depauperamento generalizado das plantas. Na falta de Ca, o sistema radicular das plantas tem um desenvolvimento anormal, promovendo pouco crescimento de radículas, o que para projetos de irrigação localizada é ruim, pois, se não houver um bom crescimento de radículas na área molhada, a planta dificilmente absorverá toda sua necessidade hídrica, principalmente quando se instala o projeto de irrigação em pomares formados. Outro fator importante é a interferência na produção do pomar, pois os frutos

ficam pequenos, deformados e sem suco (Davies & Albrigo, 1994). Os sintomas de deficiência de Ca não são distintivos, porém incluem uma diminuição do vigor da copa e da raiz junto com cloroses internervais que se assemelham com os sintomas de deficiência de Fe e Mn.

As plantas cítricas são exigentes em boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe). A deficiência desses micronutrientes é comum na citricultura mundial. Em condições tropicais, as deficiências de B e Zn são as mais frequentes e há escassez de conhecimento sobre doses, modos eficientes de aplicação e critérios seguros para o diagnóstico da necessidade de adubação com esses nutrientes, razões pelas quais eles têm limitado a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos no Brasil (Quaggio & Piza Junior, 2001).

A baixa mobilidade no floema limita a redistribuição da maioria dos micronutrientes na planta. Apesar disso, a aplicação de micronutrientes nas plantas cítricas tem sido usualmente feita por meio de pulverizações foliares. Na citricultura, existem pesquisas que demonstram a eficiência da aplicação foliar do Zn, Mn e Fe, porém é necessário aplicá-los a cada fluxo de vegetação nova, já que os nutrientes aplicados na vegetação anterior não se redistribuem para os tecidos novos (Embleton et al., 1965). Peliser et al. (1993) estudaram, durante três anos, a eficiência da aplicação de B e Zn em solos do Rio Grande do Sul e constataram que, apesar das altas doses de Zn aplicadas no solo, não houve reflexo desse nutriente nas folhas em níveis adequados.

Malavolta (1979) cita o boro como terceiro elemento micronutriente para os citros em ordem de importância, após o Zn e o Mn, e que a quantidade exportada desse elemento é de 88mg por caixa de 40,8kg. Trani et al. (1983) citam o valor de 50ppm como nível crítico para B, em folhas da brotação primaveril com cerca de 6 meses de idade, de ramos frutíferos ou não. Malavolta (1985) sugere três níveis de interpretação para os teores de B no solo em HCl 0,01 M: baixo (0,2ppm); médio (0,2 – 0,5ppm); alto (0,6 – 0,8ppm). A importância do Boro para a nutrição das plantas está relacionada principalmente com o transporte de açúcares. Atua também na síntese das pectinas e na divisão celular (Tedesco, 1976). Sua deficiência provoca o colapso do tecido do floema,

causando sua obstrução (Biggi, 1986). O Boro é absorvido na forma de  $H_3BO_3$  e não se transloca facilmente de um órgão para outro; com isso o boro aplicado via folha não chega ao sistema radicular, causando um mau desenvolvimento radicular. A deficiência de B manifesta-se pelo desenvolvimento reduzido das plantas e, às vezes, morte na gema apical e secamento das extremidades dos ramos, e ainda diminuição do tamanho das folhas, assim diminuindo a evapotranspiração da cultura, o que para pomares irrigados é muito prejudicial. Ocorre grande queda de frutos cujo tamanho é reduzido, apresentando-se deformados e com espessura da casca avantajada e até com alguma goma externamente, quando a falta de B é grave. A deficiência de B induz menor resistência das plantas à seca, murchando precocemente em função de um mau desenvolvimento do sistema radicular, em função de ser aplicado principalmente via foliar (Davies & Albrigo 1994).

Malavolta & Klifman (1985) citam que, em virtude da dificuldade de translocação do B, via floema, sua aplicação, via solo, é muito mais eficiente pois, além de elevar rapidamente seu teor na folha (absorção), teve um efeito mais duradouro do que aquele atingido via foliar, somente através de continuas aplicações.

A redistribuição do B é feita basicamente pela corrente transpiratória (Brown & Shelp, 1997), em regiões mais frias, onde as plantas apresentam menor taxa de transpiração, a absorção do B é reduzida, agravando os casos de deficiência. Em fruteiras, a deficiência de B causa mau funcionamento do tecido do câmbio vascular, responsável pela multiplicação de células dos vasos condutores, provocando colapso imediato do floema e, posteriormente, do xilema, quando a deficiência é aguda. Assim, ocorre um menor transporte de fotossintatos para as raízes, que têm o crescimento reduzido, prejudicando a absorção de água e nutrientes. Portanto, o crescimento da planta torna-se também reduzido.

Malavolta (1979) relata ser o Zn o micronutriente mais importante para a planta cítrica, sendo exportado a razão de 36mg por caixa de 40,8kg de frutos. Trani et al. (1983) citam o valor de 25ppm como nível crítico para Zn nas folhas de brotação primaveril, com cerca de 6 meses de idade, de ramos frutíferos ou não. Malavolta (1985)

sugere a seguinte faixa de interpretação para os valores de Zn no solo, extraídos através de  $H_2SO_4$  0,025N + HCl 0,05N: baixo (0,5ppm); médio (0,5 – 1,0ppm) e alto (1,1 – 2,0ppm).

Aloisi Sobrinho (1977) cita que a falta de Zn nas plantas se assemelha com a falta do hormônio de crescimento ácido indolacético. Com isto, há paralisação das gemas, com conseqüente atraso no desenvolvimento e formação de “Tufos” de pequenas folhas cloróticas nas extremidades dos ramos das plantas. Essas ocorrências são, provavelmente, conseqüentes da redução de auxina, para qual o Zn é indispensável

Khera et al. (1985) em pomares cítricos com 0,25ppm de Zn no solo em  $H_2SO_4$  0,05N, compararam a aplicação desse nutriente, via foliar, a 0,4%; repetida vezes ao ano, com aplicação, via solo, 500g/árvore, tendo observado que essa última foi mais eficiente, promovendo maior produção e melhor qualidade dos frutos.

O zinco é um micronutriente de grande importância para a produção. Participa da formação de hormônios de crescimento e da ativação de enzimas, estimulando o crescimento vegetativo e tamanho das folhas (Rodrigues, 1991). Na deficiência de Zn há falta de formação dos botões florais, ocorrendo produção muito pequena e os frutos ficam pequenos, pálidos e com pouco suco, interferindo na produtividade do pomar (Davies & Albrigo, 1994). Em função da sua baixa mobilidade no xilema e baixa redistribuição no floema, o Zn absorvido nas aplicações foliares não conseguem agir no crescimento radicular; assim, o Zn também deve ser aplicado via solo.

## **2.4 Fertirrigação**

De acordo com Vieira (1988) e Frizzone et al. (1994), a fertirrigação consiste na aplicação dos adubos juntamente com a água de irrigação. Tal operação, além de ser de grande utilidade para as plantas, pois o nutriente é fornecido juntamente com a água (essencial para sua absorção), apresenta ainda as seguintes vantagens: melhor distribuição do fertilizante no campo; possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a eficiência na utilização dos adubos pelas plantas; economia de horas-máquina para operação de adubação; economia de mão-de-obra utilizada na

adubação, isto porque o próprio operador do equipamento de irrigação pode proceder à injeção do adubo na água de irrigação.

Entende-se por fertirrigação a aplicação dos fertilizantes e, mais concretamente, dos elementos nutritivos necessários aos cultivos, juntamente com a água de irrigação. Trata-se, portanto, de aproveitar os sistemas de irrigação como meio de distribuição destes elementos nutritivos (Vivancos, 1993).

O tradicional conceito de "limitar a distribuição do fertilizante", ocasionando menor rendimento, embora possa significar uma solução para o controle do impacto ambiental, não poderia ser considerada a solução para a crescente demanda de alimentos. A solução não deve excluir fertilizante e sim fornecer às culturas quantidades de nutrientes necessárias, de forma adequada e eficiente. A promoção do uso eficiente e efetivo da água e dos fertilizantes foi identificada como uma importante contribuição à estratégia necessária para direcionar os problemas relativos à escassez de água e à prática intensa da agricultura (Papadopoulos, 1999).

O sistema de fertirrigação é hoje o método mais racional de realização de uma fertilização otimizada e respeitando o meio ambiente dentro da chamada agricultura sustentável (Lopez, 1998). Com um planejamento inadequado, a ameaça de dano ambiental é inevitável, mas um manejo ajustado pode aumentar o rendimento, melhorar a qualidade, além de representar o melhor método de aplicação de fertilizante para a prática agrícola intensa e sustentável (Papadopoulos, 1999).

A distribuição do fertilizante aplicado pela fertirrigação é homogênea (Vieira, 1988). A eficiência do uso dos fertilizantes é maior, resultando em economia de fertilizantes (Frizzone et al., 1994). Através de um manejo adequado da irrigação, pode-se controlar a profundidade de aplicação dos nutrientes (Hernandez, 1994). A aplicação pode ser realizada todas as vezes que se irrigar (Salomão, 1999).

Todos estes fatores contribuem para que a fertirrigação seja uma técnica que resulte em aumento de produtividade e melhoria da qualidade, por proporcionarem um maior controle sobre o manejo nutricional da cultura.

Segundo Padilha (1999), a fertirrigação permite a aplicação das doses necessárias nas épocas requeridas, colocando os íons na solução do solo de forma facilmente absorvível pela cultura.

Diversos equipamentos são utilizados na injeção de fertilizantes e outros produtos químicos na água de irrigação, os quais se diferenciam à fonte de energia, funcionamento, eficiência e preço. Esses equipamentos podem trabalhar com pressão efetiva positiva (bombas dosificadoras), injetando os produtos químicos diretamente na rede de irrigação, com pressão superior à pressão da água na tubulação; outros utilizam diferença de pressão no seu funcionamento (tanque de derivação de fluxo); e há aqueles que trabalham com pressão efetiva negativa (injetor Venturi). Existe também a injeção do fertilizante na tubulação de sucção da motobomba, que não é recomendada devido ao risco de poluição da fonte e de corrosão da bomba e da tubulação adutora (Frizzone & Botrel, 1994).

#### **2.4.1 Comparação entre fertilização convencional e fertirrigação**

A comparação de métodos de aplicação de fertilizantes é bastante complexa, uma vez que são muitos os fatores que influenciam a eficiência do fertilizante aplicado, variando com o tipo de solo, características e quantidade do fertilizante, condições climáticas, entre outros.

Diversos autores realizaram estudos sobre os efeitos da fertirrigação em pomares cítricos, observando resultados diversos em condições distintas de manejo de água e fertilizantes.

Um experimento conduzido em pomar de laranja Valência, utilizando três níveis diferentes de N aplicado via fertirrigação em dois sistemas de irrigação (microaspersão e gotejamento), resultou em uma colheita 18% menor no tratamento com nível mais baixo de N comparando-se os dois sistemas de irrigação utilizados (Orphanos & Elades, 1994).

Dasberg et al. (1988) estudaram três níveis de N aplicados por fertirrigação e por cobertura na forma sólida em um pomar de laranja Shamouti, sendo que a

produtividade no nível intermediário de N foi superior para fertirrigação. Não foram observadas diferenças significativas para os dois níveis extremos de aplicação de N.

Alva et al. (1995) conduziram onze tratamentos de fertirrigação usando gotejamento e microaspersão em pomar de laranja Shamouti com 25 anos de idade. Os resultados mostraram que um pequeno volume de irrigação por gotejadores com uma alta concentração de NPK resultou nas mais altas produções. O aumento da produção foi devido ao maior número de frutos por hectare, o que resultou inicialmente no decréscimo do tamanho dos frutos, mas este efeito desapareceu gradualmente nos anos seguintes. O baixo volume de irrigação combinado com altas concentrações de NPK produziram um limitado desenvolvimento de raízes. Não houve efeitos do tratamento sobre a qualidade dos frutos.

Koo et al. (1974) observaram uma correlação linear e positiva entre teores foliares de N e produtividade de limão, sendo que os maiores teores foliares deste elemento foram obtidos com as aplicações de maiores níveis de N via fertirrigação.

Intrigliolo & Roccuzo (1999) não obtiveram diferença significativa entre aplicação convencional e fertirrigação com NPK, utilizando aspersão, quanto à produtividade obtida para laranja Valência Late.

Tomlinson & Coetzee (1997) não obtiveram diferenças de produtividade de frutos quando compararam aplicação convencional de fertilizantes e várias frequências de fertirrigação em laranja Midnight Valência. No entanto, ocorreram diferenças no crescimento vegetativo das plantas, o que poderia influenciar a produtividade nas estações seguintes.

Duenhas (2001), estudando os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de NPK sobre a produção e a qualidade dos frutos de laranja Valência quando comparados a aplicação convencional, testou os seguintes tratamentos: 1) Adubação convencional sem irrigação (ACSI); 2) Adubação convencional irrigado (ACI); 3) Fertirrigação com dose completa (FDC); 4) Fertirrigação com metade da dose (FMD) e 5) Fertirrigação com um terço da dose (FTD). Os tratamentos com adubação convencional tiveram a dose anual de fertilizante parcelada em três vezes: 40% em outubro, 30% em dezembro e 30% em fevereiro. Os tratamentos utilizando fertirrigação tiveram suas doses divididas

em dez vezes iguais, com uma aplicação mensal. A partir dos resultados das análises de folhas e solo foram estabelecidas as doses de fertilizantes segundo Quaggio et al. (1996). O pomar destinado à produção comercial apresentava o espaçamento de 7m x 4m. A irrigação e fertirrigação foi iniciada no pomar quando este tinha 5 anos de idade; foi utilizado um sistema de microaspersão com um micro para duas plantas do pomar. Os tratamentos não afetaram significativamente a produção de frutos, embora tenha sido observada uma tendência de maior produtividade para aqueles que receberam fertirrigação para uma mesma dose. As doses de NPK não produziram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade dos frutos.

Boman (1996) relata que muitos fatores relacionados à irrigação afetam a eficiência do uso dos fertilizantes em condições específicas, como a camada atingida e frequência da irrigação, as características de molhamento da irrigação e a precipitação pluviométrica, o que justificaria os resultados distintos obtidos pelos diferentes autores citados.

#### **2.4.2 Salinidade e citricultura**

Diversos pesquisadores já atentaram para a necessidade de se investigarem os efeitos da irrigação com água salina sobre as frutas cítricas e o meio ambiente. Apesar de tratar-se de um objeto de estudo identificado desde 1937, quando Oppenheimer fez os primeiros relatos da influência dos sais na citricultura, trabalhos recentes demonstram a importância estratégica de seu aprofundamento para a sustentabilidade dos cultivos em países como Estados Unidos (Zekri & Parsons, 1992; Romero-Aranda e Syvertsen, 1996), Israel (Levy et al., 1999), Espanha (Bañuls & Primo-Millo, 1995), Japão (Yang-Awwad, 2001). Na maioria destes países, o tema torna-se bastante importante devido às condições climáticas favoráveis à salinização dos solos e também devido à disponibilidade de água salina. No Brasil, pela mesma razão, Cruz et al. (2001) estudaram a influência da salinidade sobre o crescimento do limoeiro 'Cravo', justificando seus esforços na presença de áreas salinizadas e potencialmente sujeitas à salinização, encontradas no Nordeste do país.

Maas & Hoffman (1997) definiram que a relação entre salinidade e produção pode ser expressa como função de resposta linear negativa em níveis de salinidade acima do limite crítico. Compilando dados de outros pesquisadores, tipicamente obtidos com tratamentos por períodos de 2 a 4 anos, com vários níveis de salinidade, Maas (1993) relatou uma salinidade limiar (condutividade elétrica do extrato de saturação) e um declínio (% de redução da produção por  $1\text{dS m}^{-1}$  aumentado na salinidade acima do limite) de, respectivamente,  $1,4\text{dS m}^{-1}$  e 13% para citros.

As frutas cítricas são classificadas como sensíveis aos sais (Ayers e Westcot, 1999) devido à toxidez específica do cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e/ou do sódio ( $\text{Na}^+$ ) e ao efeito osmótico causado pela alta concentração de sais (Storey & Walker, 1999). O cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e o sódio ( $\text{Na}^+$ ) são os dois íons tóxicos que podem se acumular nas folhas de frutas cítricas sob condições salinas (Levy et al., 1999), sendo que a habilidade de fruteiras cítricas em se desenvolver em solos salinos está geralmente associada com a ‘exclusão’ mais do que a ‘tolerância’ aos íons nas folhas (Storey & Walker, 1999). Ao termo ‘exclusão’, entende-se a capacidade dos genótipos em evitar o acúmulo de íons tóxicos, o que é regulado por mecanismos fisiológicos. Por sua vez, a tolerância, conforme Storey & Walker (1999), refere-se à resistência aos sais já acumulados.

## 2.5 Considerações

O molhamento de uma fração reduzida de solo ocasionada pela irrigação localizada tem apresentado inúmeras vantagens em relação a outros sistemas, dentre eles a economia de uma quantidade significativa de água. No entanto, esta característica em determinadas culturas traz inúmeras peculiaridades, ainda pouco estudadas para regiões tropicais.

Sem dados oficiais, estima-se que existam hoje 60 mil hectares de pomares cítricos irrigados por gotejamento com uma linha de gotejadores por linha de plantio, o que representa uma fração de solo irrigado muito reduzida. Autores especializados indicam a porção de solo mínima a ser irrigada, evitando perdas no rendimento, e fazem correlações quanto ao regime hídrico local e à fertilidade do solo, fatores estes que

influenciam a adaptação radicular ao bulbo molhado (Bernardo, 1991; Pizarro,1996). Em locais onde a adaptação radicular é mais intensa, ou seja, onde ocorrem menores pluviosidades e/ou solos menos férteis, recomenda-se irrigar frações maiores de solo.

No Estado de São Paulo tem-se, basicamente, um período chuvoso, quando as raízes exploram grande volume de solo, e um período seco, quando as raízes se desenvolvem preferencialmente na região de solo irrigada. A irrigação realizada após o período seco (stresse hídrico) geralmente é responsável pelo processo de indução floral nas gemas, fazendo papel importante na floração e produção das plantas.

Tem-se verificado a ocorrência freqüente de problemas de manejo em pomares irrigados por gotejamento, dentre eles a acidificação intensa no bulbo molhado, ocasionada pela fertirrigação. Relatam-se problemas de lentidão na saída de estresse hídrico, desuniformidade de produção na planta e baixo pegamento de frutos, o que tem sido atribuído, em parte, à demora de adaptação do sistema radicular de plantas adultas ao sistema de irrigação localizada.

A fertirrigação se apresenta como ferramenta poderosa de redução de custos de produção e aumento na eficiência de utilização de fertilizantes. Se mal conduzida, pode criar condições químicas de solo desfavoráveis em curto espaço de tempo, devido à aplicação localizada. Por outro lado, uma fertirrigação bem conduzida acarreta o aumento da adaptação radicular à área molhada, o que pode ser uma meta de manejo.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local dos experimentos**

Os experimentos foram instalados na Área Experimental de Irrigação e Drenagem (Fazenda Areão) e na área de pesquisa em ambiente protegido do Departamento de Engenharia Rural na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ USP, ambas situadas no município de Piracicaba - SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°42' S, longitude 47°38' W e altitude de 520m. O clima da região, na classificação climática de Köppen, é do tipo CWa, isto é, subtropical úmido, com três meses mais secos (junho, julho e agosto), chuvas de verão, seca de inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C.

### **3.2 Funcionamento do lisímetro poroso**

Para medir o consumo de água pelas plantas, utilizou-se a metodologia do lisímetro poroso idealizado inicialmente por Coelho<sup>1</sup> e aplicado pela primeira vez a campo por Machado (2000), baseado na utilização de cápsulas de cerâmica porosas com pressão de borbulhamento de 2mca e com as seguintes dimensões: 5cm de diâmetro por 22cm de altura. Com as cápsulas porosas construíram-se os emissores porosos de carga constante, (Figura 2C), cuja função foi fornecer água para as plantas. Eles foram conectados a um reservatório de água, construído com tubo de pvc de 150 mm de diâmetro com 3 metros de altura operando como tubo de ‘mariotte’, para que fosse possível controlar a carga hidráulica exercida no centro da cápsula porosa do emissor.

---

<sup>1</sup> - Comunicação Pessoal. Prof. Rubens Duarte Coelho Departamento de Eng. Rural ESALQ/USP, 1998.

A saída de água do reservatório para o emissor poroso foi instalada a 1m de altura. Na face externa do tubo, foi instalada uma mangueira cristal para monitorar o nível interno da água no reservatório. No cap da parte superior do reservatório, foram colados dois tubos de acrílico de 1,4cm de diâmetro, utilizados para encher o reservatório de água ou solução nutritiva. Para o funcionamento do tubo de ‘mariotte’, os tubos de acrílico de reabastecimento são vedados com rolhas de borracha, utilizadas em tensiômetros de punção. Para que o tubo reservatório operasse como um tubo de Mariote, foi instalada uma mangueira no interior do tubo, que começa na parte superior do tubo e termina a 10cm da parte inferior do tubo, fazendo com que a pressão atmosférica atue no nível de referência determinado (Figura 1).

As conexões do tubo de abastecimento do emissor poroso, e também da mangueira de monitoramento do nível de água no reservatório foram feitas com conexões específicas para microtubos comumente utilizados em projetos de irrigação (Figura 2a). O consumo de água foi medido diretamente no reservatório: enchia-se o tubo com água até um determinado ponto demarcado; em seguida, fechava-se o reservatório com as rolhas de tensiômetros de punção. No dia seguinte, uma certa quantidade de água saía para o solo, abaixando o nível dentro do reservatório; pela mangueira cristal, instalada na lateral do tubo, marcava-se o nível da água no dia. Pela diferença das leituras e a área interna do tubo, calculava-se o volume de água que foi fornecido as plantas neste dia. Para facilitar a instalação e manutenção dos reservatórios, utilizou-se um tubo de 200mm para revestimento do solo, como mostra a Figura 2b.

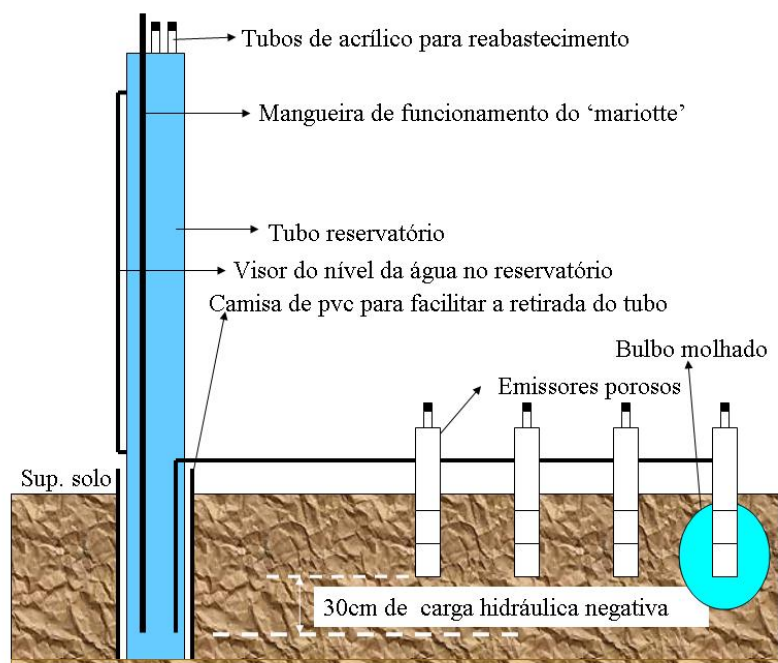


Figura 1 - Esquema de funcionamento do lisímetro poroso



(a)

(b)



(c)

Figura 2 - Detalhe do cap superior do tubo reservatório e do conector utilizado (a); detalhe da instalação do reservatório (b) e detalhe do emissor poroso e seu conector (c)

### 3.3 Instalação dos experimentos

#### 3.3.1 Experimento I

##### **Consumo de água de lima ácida ‘Tahiti’, sobre citrumelo Swingle, com a metodologia do lisímetro poroso no segundo ano de plantio.**

O solo da área experimental é classificado como Terra Roxa Estruturada, série alfisol. A cultura de lima ácida ‘Tahiti’ foi implantada na primeira quinzena de junho de 2001 em uma parcela experimental de aproximadamente 1,0ha. As mudas foram da variedade IAC 5 enxertadas em citrumelo Swingle, transplantadas com 4 meses de idade, no espaçamento de 7m x 4m, totalizando 360 plantas ha<sup>-1</sup>.

Para garantir o fornecimento de água às plantas apenas pelos lisímetros, três plantas foram isoladas das precipitações naturais com coberturas plásticas subcopa, como pode ser visto nas Figuras 3a e 3c. Instalaram-se 10 emissores porosos e dois tubos reservatórios por planta para a realização do trabalho, Figura 3b. O consumo de água foi medido no período de 20 de março a 12 de dezembro de 2002. Para analisar os dados de consumo de água medidos pelo dispositivo lisimétrico, foram estimados os volumes de água que deveriam ter sido aplicados à cultura, com base na evapotranspiração de referência, utilizando os dados da estação meteorológica do Departamento de Engenharia Rural, no coeficiente de cultura e no coeficiente de irrigação localização (Kr). As diferenças entre os valores medidos e os valores estimados de consumo de água foram quantificadas em função dos resultados de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e dos coeficientes angulares dos modelos de regressão linear obtidos, considerando-se que as curvas passam pela origem dos sistemas de eixos. Também foi empregado o coeficiente de confiança proposto por Camargo & Sentelhas (1997), que corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo coeficiente de exatidão (d), citados por Camargo & Sentelhas (1997). O valor de (d) foi calculado através da equação (3).

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum (CE_i - CM_i)^2}{\sum (|CE_i - \overline{CM}| + |CM_i - \overline{CM}|)^2} \right] \quad (3)$$

em que:

$CE_i$  são os valores de consumo de água estimado;

$CM_i$  são os valores de consumo de água medidos;

$\overline{CM}$  é a média dos valores de consumo medidos.

Para avaliar os dados em relação ao coeficiente de confiança (c), foi utilizada a escala apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Escala de valores de coeficiente de confiança para avaliação dos resultados obtidos

<b>Desempenho</b>	Ótimo	Muito bom	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
<b>Valor de c</b>	> 0,85	0,76 a 0,85	0,66 a 0,75	0,51 a 0,65	0,41 a 0,5	< 0,4

Com o objetivo de monitorar o desenvolvimento vegetativo das plantas em estudo, mediu-se a área foliar em  $m^2$  das três plantas. As determinações foram feitas medindo-se o maior e o menor comprimento de 50% das folhas das plantas. A área de cada folha foi determinada multiplicando-se o maior comprimento pelo menor comprimento, e ainda por um coeficiente (0,72) citado por Coelho Filho et al. (2003). Em seguida somaram-se os valores de área foliar e multiplicaram-se por dois, por terem sido medidas apenas 50% das folhas. As medidas foram realizadas nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2002.

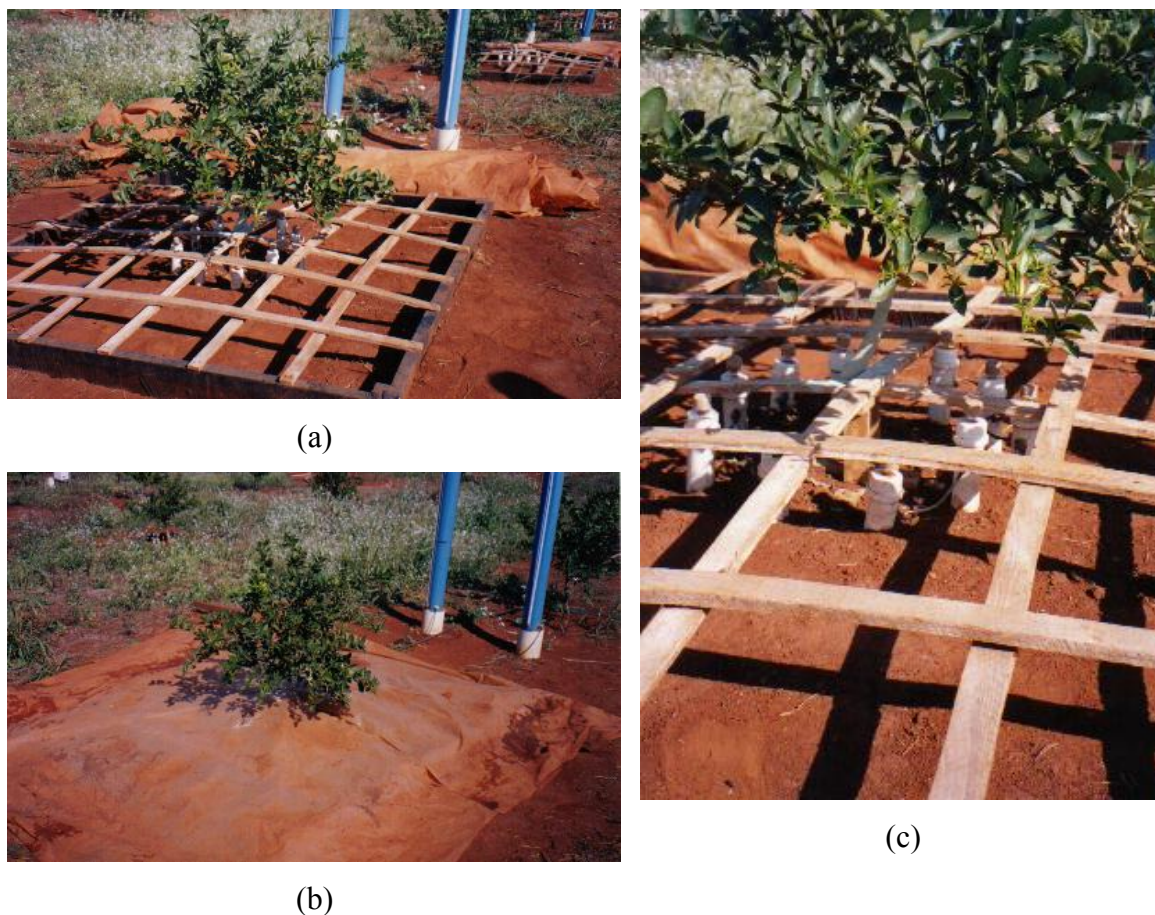


Figura 3 - Vista da estrutura de madeira utilizada para isolamento das plantas (a), planta isolada das precipitações naturais (b) e detalhe dos emissores porosos instalados (c)

### 3.3.2 Experimento II

#### Consumo de soluções fertilizantes em plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’ sobre limão ‘Cravo’ nas condições de irrigação localizada

O espaçamento do pomar é de 8m x 7m, contendo aproximadamente 180 plantas por hectare. Para evitar a interferência das precipitações naturais e garantir que o fornecimento de água as plantas fosse realizado somente pelo dispositivo lisimétrico, duas plantas de 10 anos de idade foram isoladas com uma estrutura de madeira coberta com lonas transparentes. Foram abertas valetas de 0,8m de profundidade ao redor da

planta, e instaladas lonas pretas para evitar os fluxos horizontais de água, podendo ser observado nas Figuras 4a e 4b.

A escolha das plantas baseou-se no trabalho de Coelho Filho (1998), que estudou a variabilidade e a dependência espacial dos seguintes componentes granulométricos do solo: densidade do solo, potencial mátrico do solo e retenção de água; e também mapeou e identificou as zonas com baixa variabilidade, por meio do processo de interpolação por "krigagem", visando a definir um manejo racional da irrigação, de modo a associar as propriedades físicas do solo com o consumo hídrico das plantas do pomar de lima ácida 'Tahiti'. A subdivisão que melhor expressou o comportamento de consumo de água no pomar foi diferenciada em 4 regiões, com Kc variando de 0,56 a 1,2. Com isso, escolheram-se duas plantas, com diâmetro de copa de 5,1m., que pertenciam à mesma zona de consumo, apresentando pequena variabilidade de consumo, minimizando, assim, a variação de consumo de água entre as plantas estudadas.

Os tratamentos foram: testemunha, água do serviço municipal de tratamento de Piracicaba/SP (Tratamento T1); solução fertilizante contendo N, P e K (Tratamento T2) e solução nutritiva contendo N, P, K, Ca, S, B e Zn (Tratamento T3).

Cada uma das duas plantas escolhidas para realização do experimento foi considerada um bloco experimental, sendo assim a área experimental do bloco 1, ou seja, a área de projeção da copa da planta 1, foi dividida em nove partes iguais, sendo que em cada uma delas foi instalado um conjunto lisimétrico. Dos nove conjuntos lisimétricos, três foram destinados ao fornecimento da solução do tratamento 1; outros três à solução do tratamento 2 (N, P e K) e os três restantes ao fornecimento da solução do tratamento 3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), obtendo-se, assim, três repetições por tratamento em cada bloco experimental (Figura 5). Cada conjunto lisimétrico instalado foi composto por 8 emissores porosos e 1 tubo reservatório, totalizando 72 emissores porosos por planta e nove tubos reservatórios, como pode ser visto nas Figuras 5, 6a e 6b.



(a)



(b)

Figura 4 - Vista da estrutura de madeira utilizada para isolamento das plantas (a) e planta isolada das precipitações naturais (b)

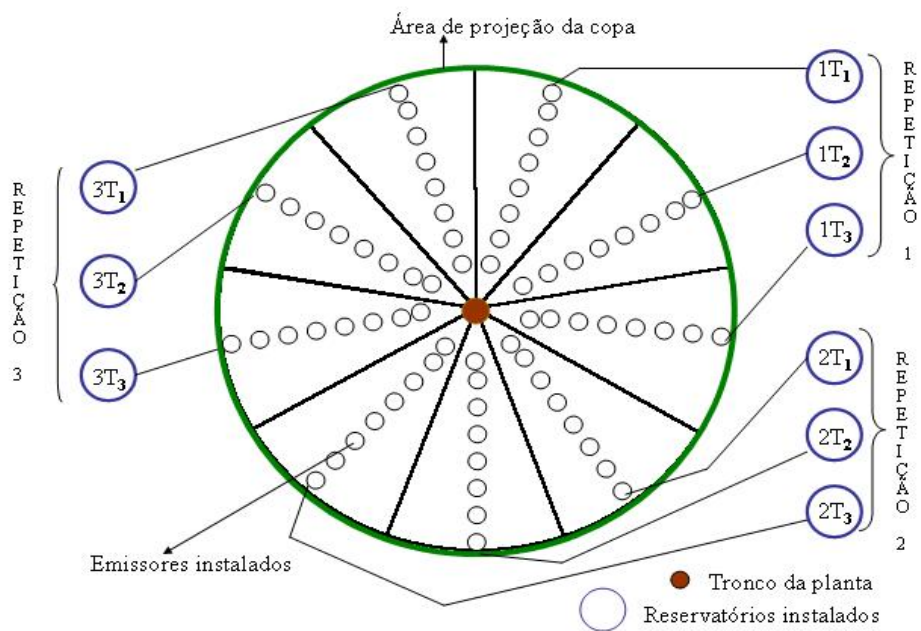
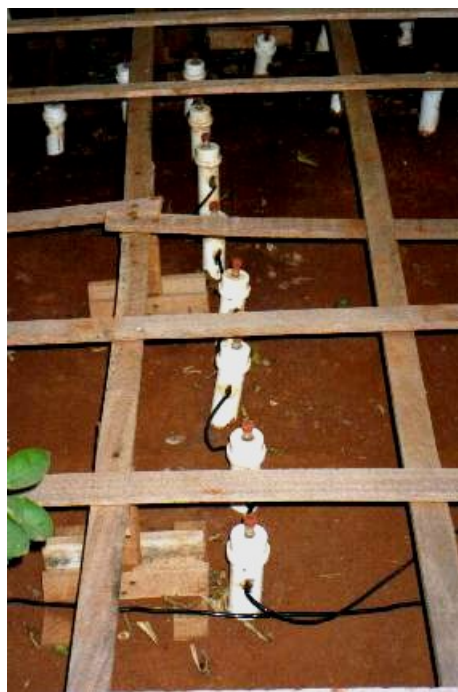


Figura 5 - Esquema de instalação do bloco experimental na área de projeção da copa da planta



(a)



(b)

Figura 6 - Vista geral dos emissores porosos instalados (a) e linha de emissores instalados em série de uma parcela experimental (b)

Foram coletadas nove subamostras de solo nos locais onde foram instaladas as parcelas experimentais nas duas plantas em estudo. Destas subamostras obteve-se uma amostra composta, que foi encaminhada ao Laboratório de Análise de Solos do

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP para realização de análise química completa. A produtividade esperada utilizada para determinar as quantidades de N, P e K foi na faixa de 21 ton ha<sup>-1</sup> a 30ton ha<sup>-1</sup>. Com base na análise de solo (Tabela 2), nas recomendações do Grupo Paulista de Adubação dos Citros, determinou-se em conjunto com o Departamento Técnico da Stoller do Brasil Ltda<sup>2</sup> que as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas nos tratamentos fertirrigados (T2 e T3), sendo 130, 90 e 100kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> respectivamente. Para diferenciar os tratamentos T2 e T3, definiu-se que o tratamento T3 seria incrementado com as seguintes quantidades dos elementos: cálcio 40kg, enxofre 1,8kg, boro 1,6kg e zinco 2kg por hectare por ano aplicados via fertirrigação; dessa forma, as quantidades de nutrientes a serem aplicados por ano e em gramas por planta, para os tratamentos T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 2. Resultados da análise de solo do pomar com 10 anos de idade e valores adequados

Análise	Unidade	Valor	Adequado	Análise	Unidade	Valor	Adequado
pH	CaCl <sub>2</sub>	4,7	5 a 5,5	V	%	44	60
MO	g dm <sup>-3</sup>	21,5		m	%	4,5	
P	mg.dm <sup>-3</sup>	2	13 a 20	B	mg dm <sup>-3</sup>	0,55	0,2 a 0,6
S	mg dm <sup>-3</sup>	100	5 a 10	Cu	mg dm <sup>-3</sup>	7,5	0,3 a 1,0
K	mmolc dm <sup>-3</sup>	1	1,6 a 3,0	Fe	mg dm <sup>-3</sup>	17,5	
Ca	mmolc dm <sup>-3</sup>	19		Mn	mg dm <sup>-3</sup>	48,2	1,5 a 5,0
Mg	mmolc dm <sup>-3</sup>	11	4 a 8	Zn	mg dm <sup>-3</sup>	1,4	0,7 a 1,5
Al	mmolc dm <sup>-3</sup>	1,5		SB	mmolc dm <sup>-3</sup>	31	
H+Al	mmolc dm <sup>-3</sup>	40		T	mmolc dm <sup>-3</sup>	71	

<sup>2</sup> Consulta ao Supervisor Técnico da STOLLER do BRASIL (Eng. Agr. Eduardo Pimenta) em 05/05/02

Tabela 3. Quantidades de nutrientes a serem aplicadas nos tratamentos fertirrigados T2 e T3 em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e em  $\text{g planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
	$\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$						
Tratamento T2	130	90	100				
Tratamento T3	130	90	100	40	1,8	1,6	2,0
	$\text{g planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$						
Tratamento T2	722,2	500	555,6				
Tratamento T3	722,2	500	555,6	216,7	10	9,12	10,95

A aplicação dos nutrientes foi realizada de acordo com o calendário de fertirrigação programado em conjunto com o Departamento Técnico da Stoller do Brasil Ltda<sup>3</sup> (Tabela 4), seguindo as porcentagens propostas para cada fase fenológica da cultura de acordo com o calendário proposto. Para a determinação da concentração dos nutrientes nas soluções fertilizantes a serem aplicadas em cada fase fenológica, as quantidades diárias de cada elemento foram divididas pelo consumo estimado de água pelas plantas ( $35 \text{ litros dia}^{-1}$ ). Dessa forma, foram determinadas as concentrações de cada nutriente para a preparação das soluções de fertilizantes (Tabela 5). Em razão de o custo do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) ser superior ao tratamento T2 (N, P e K), este foi programado de ser aplicado somente nas fases de maior importância (pré-florescimento, florescimento e maturação).

O consumo das soluções nutritivas nos diferentes tratamentos foi medido no período de agosto a dezembro de 2002.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados. A distribuição dos graus de liberdade para as diferentes causas da variação é apresentada na Tabela 6. Na ocorrência de efeito significativo para os diferentes tratamentos, a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000).

<sup>3</sup> Consulta ao Supervisor Técnico da STOLLER do BRASIL (Eng. Agr. Eduardo Pimenta) em 05/05/02

Tabela 4. Calendário de fertirrigação, percentuais dos nutrientes a serem aplicados por fase vegetativa na cultura do limão ‘Tahiti’

Fases*	Período	nº dias	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
			%						
1	9/8 a 10/10	60	23,0	50,0	10,0	15,3	13,8	45,5	38,0
2	11/10 a 14/11	40	10,0	25,0	7,5	7,6	6,9	22,7	19,0
3	15/11 a 23/12	40	8,0	3,0	10,2				
4	24/12 a 24/03	90	33,4	8,0	45,0				
5	25/03 a 15/6	80	25,6	14,0	27,0	77,1	79,3	31,8	43,0
6	16/6 a 8/8	55							

\* 1 Pré-Florescimento; 2 Florescimento; 3 Pegamento dos frutos; 4 Crescimento; 5 Maturação e 6 Período sem irrigação.

Tabela 5. Concentrações dos nutrientes (mg L<sup>-1</sup>) nas soluções fertilizantes dos tratamentos T2 e T3

mg L <sup>-1</sup> Fases*	TRATAMENTO T2			TRATAMENTO T3						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
1	120	182	43	120	182	43	108	1,3	3,0	3,0
2	108	182	60	108	182	60	94	1,3	2,5	3,0
3	83	21	82	83	21	82	0	0	0	0

\* 1(9/8 a 10/10 e 0 a 60 dias após a implantação (DAI)); 2 (11/10 a 14/11 e 61 a 90 DAI) e 3 (15/11 a 23/12 e 91 a 120 DAI)

Tabela 6. Distribuição dos graus de liberdade (G.L.) para as diferentes causas da variação

Causas da variação	GL
Tratamento	2
Blocos	1
Resíduos	2
Total	5

### 3.3.3 Experimento III

#### **Desenvolvimento vegetativo da laranjeira pêra sobre limão ‘Cravo’ em função de diferentes concentrações de N e Ca aplicados via fertirrigação.**

Com os resultados obtidos no experimento II, foi verificado que a aplicação de uma solução fertilizante que contenha o N, P, K, Ca, Zn, B e S promoveu aumento na absorção de água e nutrientes pela planta, porém o custo da aplicação de todos estes elementos é 63% superior à aplicação de apenas N, P e K. Com isso, um terceiro experimento foi idealizado, com o objetivo de analisar o desenvolvimento vegetativo de mudas cítricas em função de fertirrigações à base de nitrogênio e combinações de N e Ca, verificando se apenas a inclusão do cálcio nas fertirrigações promoveria maior desenvolvimento vegetativo e radicular. As combinações de N e Ca foram úrea e cloreto de cálcio, e uma segunda, com adubo líquido Nitroplus 9, que contém 11% de N e 9% de Ca na sua formulação, produto registrado pela empresa Soller do Brasil Ltda.

Com o objetivo de analisar o consumo de água e, indiretamente, o desenvolvimento do sistema radicular, foi implantado um experimento em casa de vegetação. O solo utilizado neste experimento foi retirado de um perfil classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Amarelo de textura franco arenosa denominado Série “Sertãozinho”.

Em um ensaio preliminar, o preparo do solo a ser colocado nos vasos foi realizado seguindo-se a recomendação de adubação e calagem para citros. A quantidade de calcário equivaleu-se à dose de 250 gramas por linear de sulco. O valor do fósforo na análise de solo exigiu 80g de P por metro linear de sulco. Foram também aplicados os micronutrientes: B, Zn, Mn e Mo, nas seguintes quantidades: 1,00; 2,00; 0,66 e 0,166 gramas por linear de sulco, respectivamente. O volume de solo correspondente a 1 metro linear de sulco é de  $0,075\text{m}^3$  e do vaso a ser utilizado é de  $0,1168\text{m}^3$  de solo; com isso, as quantidades de calcário, superfosfato simples e os micronutrientes foram calculados para o volume do vaso. Porém, esta recomendação por metro linear de sulco não se adapta bem quando utilizada em vasos, pois se observaram altos valores de condutividade elétrica da solução do solo e, conseqüentemente, um mau

desenvolvimento das plantas, tornando impossível a sua condução, assim, um segundo experimento foi implementado. Para se determinar a quantidade de calcário a ser incorporado ao solo, fez-se uma curva de neutralização da acidez do solo, Figura 7, obtendo-se a quantidade necessária de calcário para elevar o pH do solo para 5,0. Já as quantidades dos adubos a serem incorporados ao solo no plantio foram calculadas em função dos resultados da análise de solo, ou seja, elevaram-se as concentrações dos elementos para os valores adequados em ppm; assim, os teores de fósforo, potássio, boro e zinco foram elevados para a classe de teor média, segundo a classificação do Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros.

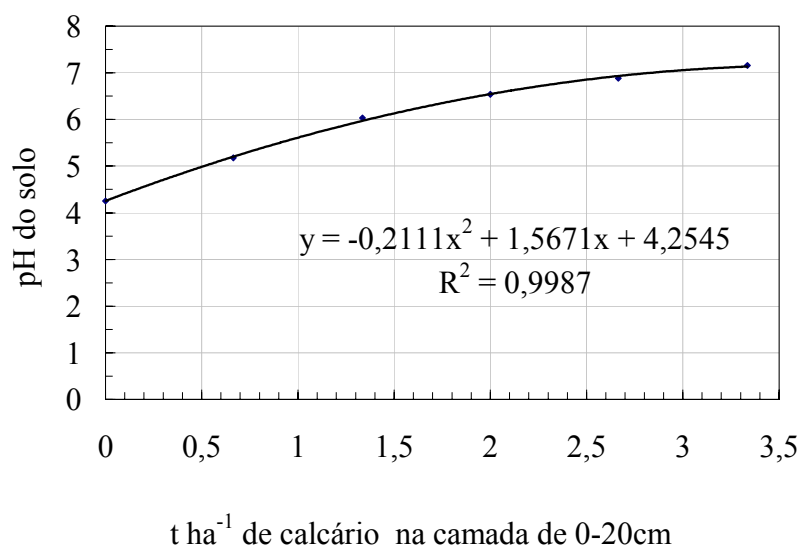


Figura 7 - Curva de neutralização do solo, com aplicações de calcário dolomítico calcinado

Na incorporação do calcário, superfosfato triplo, cloreto de potássio e os micronutrientes ao solo a ser colocado nos vasos, utilizou-se uma betoneira portátil. Em seguida o solo foi umedecido para que ocorresse a reação do calcário. Após 10 dias do tratamento do solo, realizou-se o transplante das mudas nos vasos (dia 4/07/03). Foram transplantadas duas mudas de laranja Pêra sobre limão 'Cravo', em cada vaso de 0,1168m<sup>3</sup> de volume de solo. Para evitar a contaminação do solo no vaso pelo adubo de liberação lenta contido no substrato, este foi retirado no transplante da muda.

Na definição das quantidades de nitrogênio a serem aplicadas, baseou-se na dose recomendada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (80g de N planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); porém, esta quantidade é aplicada na área que abrange um raio de 0,5m de distância do tronco e na camada de 0 a 20cm de profundidade. Para que a concentração de nitrogênio permanecesse a mesma daquela apresentada no campo, fez-se uma correção da dose recomendada em função do volume de solo a ser aplicado no campo e do volume de solo disponível no vaso. Depois de definida a quantidade de nitrogênio correspondente à dose recomendada, utilizaram-se os seguintes critérios para definir as doses de nitrogênio dos tratamentos: tratamento 1: ½ dose, tratamento 2: 1 dose, tratamento 3: 1 dose e meia e, por último, tratamento 4: 2 doses. Dessa forma, as quantidades de N aplicadas foram: 26,5; 52,9; 79,4 e 105,8g de N/planta.ano. Definidas as quantidades de nitrogênio, calcularam-se as quantidades de cálcio que seriam aplicadas no grupo de tratamentos a receberem o adubo líquido que contém N e Ca na sua formulação (11% e 9% respectivamente). As mesmas quantidades de cálcio aplicadas com adubo líquido foram aplicadas usando o adubo cloreto de cálcio; com isso, formou-se um grupo de tratamentos à base de uréia (N) e cloreto de cálcio (Ca). O terceiro grupo de tratamentos foi montado; neste, as plantas receberam apenas as quantidades de nitrogênio para verificar a importância da aplicação do cálcio via fertirrigação. Os 13 tratamentos e as quantidades dos nutrientes aplicadas estão apresentados na Tabela 7, e o croqui da área experimental, na Figura 8.

No primeiro mês após o transplante aplicou-se apenas água para garantir o pegamento das mudas. Um calendário de fertirrigação foi proposto; neste, o total de nutrientes a ser aplicado no ano foi dividido em 24 aplicações, que foram realizadas a cada 14 dias. O período total de aplicação foi dividido em 4 fases, em cada uma das quais foi aplicada uma porcentagem do total a ser aplicado no ano. O cronograma com os períodos de cada fase e as porcentagens de nutrientes por fase pode ser visto na Tabela 8. As quantidades de adubos que foram aplicadas por fertirrigação e em cada fase do experimento podem ser visualizadas na Tabelas 9. As estimativas das concentrações de nitrogênio e cálcio no solo ao longo do período experimental estão apresentadas na Figura 9.

Tabela 7. Doses de nitrogênio e cálcio a serem aplicadas em  $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$  nos 13 tratamentos e suas respectivas siglas

Combinações	Tratamentos	Siglas	Doses de N Doses de Ca	
			(g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	
N Uréia	Uréia 1	U1 <sub>27; 0</sub> **	26,50	0
	Uréia 2	U2 <sub>53; 0</sub>	52,90	0
	Uréia 3	U3 <sub>79; 0</sub>	79,40	0
	Uréia 4	U4 <sub>106; 0</sub>	105,80	0
N + Ca Adubo Líquido	Adubo líquido 1	AL1 <sub>27; 23</sub>	26,50	23,10
	Adubo líquido 2	AL2 <sub>53; 48</sub>	52,90	47,62
	Adubo líquido 3	AL3 <sub>79; 71</sub>	79,40	71,43
	Adubo líquido 4	AL4 <sub>106; 95</sub>	105,80	95,24
N+ Ca Uréia e Cloreto de Cálcio	Uréia + Cloreto de Cálcio 1	UCC1 <sub>27;23</sub>	26,50	23,10
	Uréia + Cloreto de Cálcio 2	UCC2 <sub>53;48</sub>	52,90	47,62
	Uréia + Cloreto de Cálcio 3	UCC3 <sub>79; 71</sub>	79,40	71,43
	Uréia + Cloreto de Cálcio 4	UCC4 <sub>106; 95</sub>	105,80	95,24
	Testemunha	TEST <sub>0; 0</sub>	0	0

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Tabela 8. Período de cada fase de fornecimento dos nutrientes e porcentagem a ser aplicada por fase

FASES	Períodos	% Aplicada.Fase <sup>-1</sup>	nº de dias
Pegamento das mudas	4/7/03 a 4/8/03	0	30
Fase 1	5/8/03 a 25/10/03	16,25	84
Fase 2	26/10/03 a 20/01/04	21,25	84
Fase 3	21/01/04 a 12/04/03	26,25	84
Fase 4	13/04/03 a 4/7/04	36,25	84

Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1 U3	14 TEST.	27 AL1
2 AL1	15 UCC4	28 U4
3 UCC4	16 UCC1	29 UCC4
4 U4	17 U1	30 UCC2
5 TEST.	18 U2	31 AL 2
6 U1	19 UCC3	32 U1
7 UCC3	20 AL2	33 AL4
8 AL3	21 AL1	34 AL3
9 U2	22 AL4	35 UCC1
10 AL2	23 AL3	36 U2
11 AL4	24 U4	37 UCC3
12 UCC2	25 UCC2	38 TEST.
13 UCC1	26 U3	39 U3

Figura 8 – Croqui experimental, número de identificação do vaso e, em seguida, a sigla do tratamento implementado

Tabela 9. Quantidades de fertilizantes aplicados por fertirrigação para os diferentes tratamentos

Fases	Combinações de nutrientes	Doses Fertilizantes	g aplicação <sup>-1</sup> ou ml aplicação <sup>-1</sup>			
			1	2	3	4
1	N	Uréia	1,56	3,12	4,67	6,23
	N + Ca	Adubo líquido	5,51	11,02	16,54	22,05
	N + Ca	Uréia	1,56	3,12	4,67	6,23
		Cloreto de Cálcio	2,22	4,45	6,67	8,89
2	N	Uréia	2,04	4,07	6,11	8,15
	N + Ca	Adubo líquido	7,21	14,42	21,62	28,83
	N + Ca	Uréia	2,04	4,07	6,11	8,15
		Cloreto de Cálcio	2,91	5,82	8,72	11,63
3	N	Uréia	2,52	5,03	7,55	10,06
	N + Ca	Adubo líquido	8,90	17,81	26,71	35,61
	N + Ca	Uréia	2,52	5,03	7,55	10,06
		Cloreto de Cálcio	3,59	7,18	10,78	14,37
4	N	Uréia	3,47	6,95	10,42	13,90
	N + Ca	Adubo líquido	12,30	24,59	36,89	49,18
	N + Ca	Uréia	3,47	6,95	10,42	13,90
		Cloreto de Cálcio	4,96	9,92	14,88	19,84

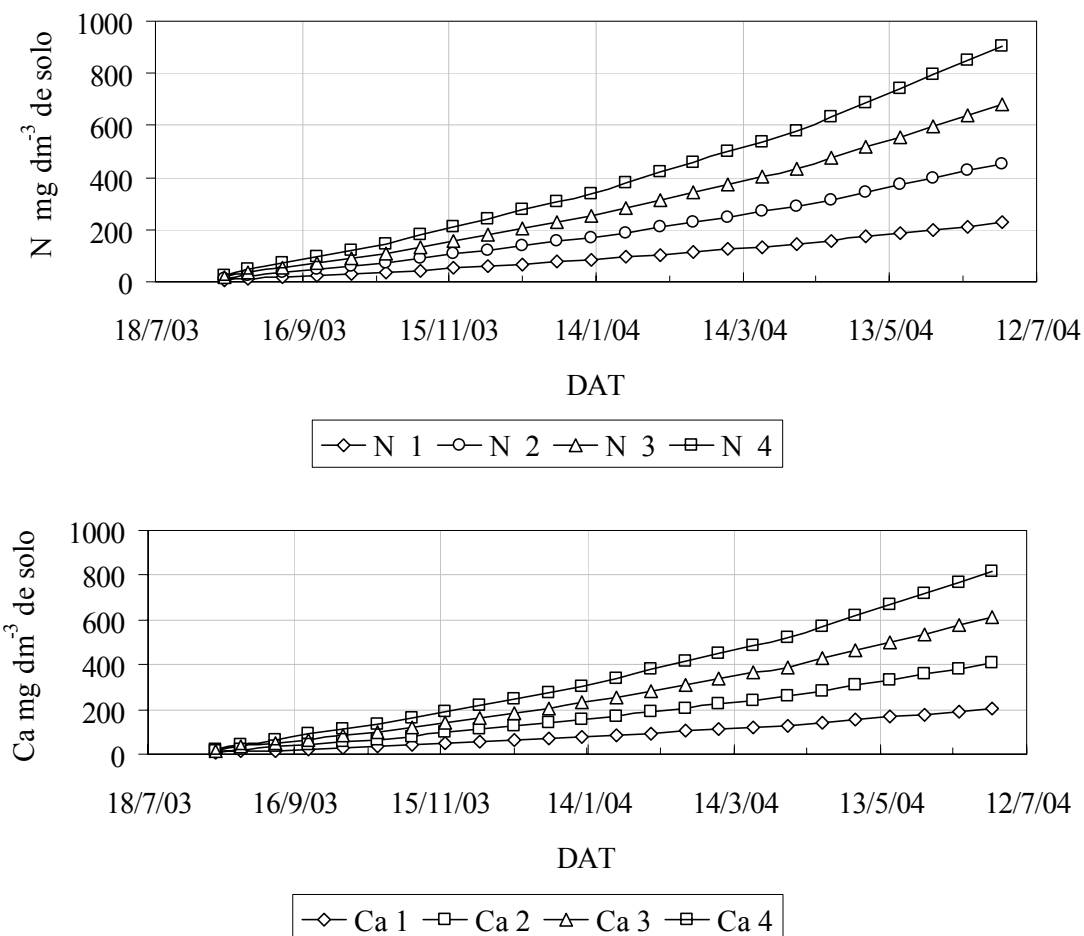


Figura 9 – Estimativa das concentrações de nitrogênio e cálcio no solo ao longo do período experimental para os quatro níveis de adubações propostos

Através da variação do conteúdo de água no solo, realizou-se a contabilidade das quantidades de água fornecida as plantas. Através do plano da superfície do solo, têm-se as adições da irrigação (I) e as perdas por evapotranspiração (ET). A contabilidade desses “componentes” do balanço reflete a quantidade de água contida na camada de solo, medida através do seu armazenamento (AL). O balanço real da água no solo é a contabilidade de todas as adições e retiradas de água que realmente ocorrem em dada área utilizada na produção agrícola. Este balanço mostra a situação hídrica pela qual uma cultura realmente passa e fornece critérios para se definir quando e quanto irrigar. Os períodos foram analisados entre irrigações semanais.

O manejo da irrigação foi realizado com base nas leituras tensiométricas, sendo que em cada vaso foram instalados dois tensiômetros, o primeiro a 15cm e o segundo a 30cm de profundidade. As leituras do potencial matricial da água no solo foram realizadas nos tensiômetros a cada 24 horas, durante o período da manhã. A leitura no tensiômetro digital de punção é fornecida em centibar (cbar); por isso deve ser transformada em centímetros de coluna de água, para se estimar a umidade atual do solo por camadas de estudo, através da equação gerada no TableCurve (equação 3).

$$\theta = \left( 2,968 + \left( \frac{11,609}{\Psi_m} \right) \right)^2 \cdot \gamma_{\text{solo}} \quad (3)$$

em que:

$\theta$  - umidade com base em volume de solo no momento da leitura do potencial mátrico no tensiômetro ( $\text{cm}^3$  de água  $\text{cm}^{-3}$  de solo);

$\Psi_m$ - módulo potencial matricial (cm c.a.);

$\gamma_{\text{solo}}$  – Densidade aparente do solo (g de solo  $\text{cm}^{-3}$  de solo).

O cálculo do consumo de água foi feito em períodos entre irrigações. A determinação do consumo de água foi calculado com os dados de umidade para cada as duas camadas de solo em estudo, utilizando-se a equação 4.

$$C = (\theta_i - \theta_f) V \quad (4)$$

em que:

C - Consumo de água na semana,  $\text{cm}^3$ ;

$\theta_i$  e  $\theta_f$  – umidades no início e final do período em estudo,  $\text{cm}^3$  de água  $\text{cm}^{-3}$  de solo;

V- Volume de solo disponível no vaso,  $\text{cm}^3$

O sistema de irrigação por gotejamento foi constituído de 1 emissor de 4 L  $\text{h}^{-1}$ . Após as fertirrigações, foram coletadas amostras de solução do solo, com extratores de cápsulas porosas. Nestas foram medidos os valores de condutividade elétrica, concentração de nitrato e pH.

Os parâmetros avaliados foram: consumo de água, área foliar, área média das folhas, número de folha, altura de plantas, diâmetro do tronco das plantas, e matéria seca das folhas, caules e raízes de um bloco experimental. Determinaram-se as eficiências de uso do nitrogênio (EUN) para as folhas, caules e raízes em função da matéria seca determinada em um bloco experimental, conforme cita Soria (2002) (equação 5).

$$EUN = \frac{Y_t - Y_o}{N_t} \quad (5)$$

em que:

EUN- Eficiência de uso do nitrogênio (kg matéria seca kg N aplicado<sup>-1</sup>);

Y<sub>t</sub>- Produção (kg ha<sup>-1</sup>) de matéria seca no tratamento ‘t’;

Y<sub>o</sub>- Produção (kg ha<sup>-1</sup>) de matéria seca no tratamento testemunha;

N<sub>t</sub>- Quantidade de N (kg ha<sup>-1</sup>) aplicado no tratamento ‘t’.

As determinações de área foliar foram feitas medindo-se o maior e o menor comprimento de 50% das folhas das plantas. A área de cada folha foi determinada multiplicando-se o maior comprimento pelo menor comprimento, e ainda por um coeficiente (0,72) citado por Coelho Filho et al (2003). Em seguida somaram-se os valores de área foliar, multiplicando-os por dois, por ter medido apenas 50% das folhas, determinando-se a área foliar em m<sup>2</sup> das parcelas experimentais. Foram realizadas medidas a cada 60 dias, totalizando quatro medidas.

Em duas datas distintas foram coletadas amostras de folhas para serem enviadas ao laboratório para determinação dos macronutrientes contidos nas folhas (25/11/03 e 20/02/04). As folhas foram coletadas nos ramos mais maduros e sempre a 10<sup>a</sup> folha contando da brotação para o início do ramo, buscando padronizar as folhas a serem coletadas. Estas foram lavadas com água destilada antes de serem enviadas ao laboratório.

O delineamento experimental utilizado no experimento III foi um fatorial completo do tipo  $3 \times 4 + 1$  (três combinações de fertilizantes, quatro níveis de adubação e uma testemunha), em blocos casualizados com três repetições. Para todas as variáveis analisadas foi verificada a ocorrência de distribuição normal dos dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk e, quando necessário, foram realizadas transformações conforme recomendam Steel & Torrie (1980). As análises estatísticas foram realizadas pelo método dos contrastes ortogonais (Steel & Torrie, 1980), sendo a testemunha considerada um tratamento adicional, como recomenda Corrente et al. (2001). A distribuição dos graus de liberdade para as diferentes causas da variação é apresentada na Tabela 10.

Na ocorrência de efeito significativo para os diferentes tratamentos, a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000).

Tabela 10. Distribuição dos graus de liberdade (G.L.) para as diferentes causas da variação para o experimento III

Causa da variação	G.L.
Blocos	2
Testemunha x Fatorial	1
Combinações (C)	2
Doses (D)	3
Interação C x D	6
Resíduo	24
Total	38

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento I

**Consumo de água de lima ácida ‘Tahiti’ sobre citrumelo Swingle, com a metodologia do lisímetro poroso no segundo ano de plantio.**

O início da coleta dos dados no experimento implantado no pomar jovem foi no dia 20/03/2002. O consumo de água diário apresentou comportamento similar para as três plantas avaliadas, no pomar jovem de lima ácida ‘Tahiti’ (Figura 10). Os valores de consumo diários estão apresentados no Apêndice 1. Os valores de área foliar ( $m^2$ ) das plantas em estudo estão reunidos na Figura 11.

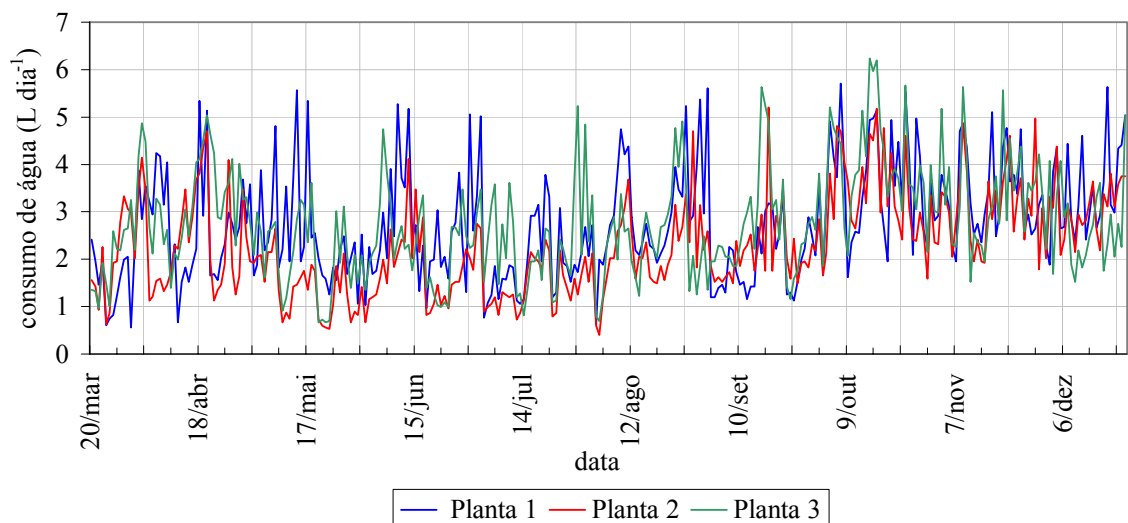


Figura 10 – Consumo de água medido pelo lisímetro poroso ( $L\ dia^{-1}$ ) nas plantas 1, 2 e 3 no experimento instalado no pomar jovem

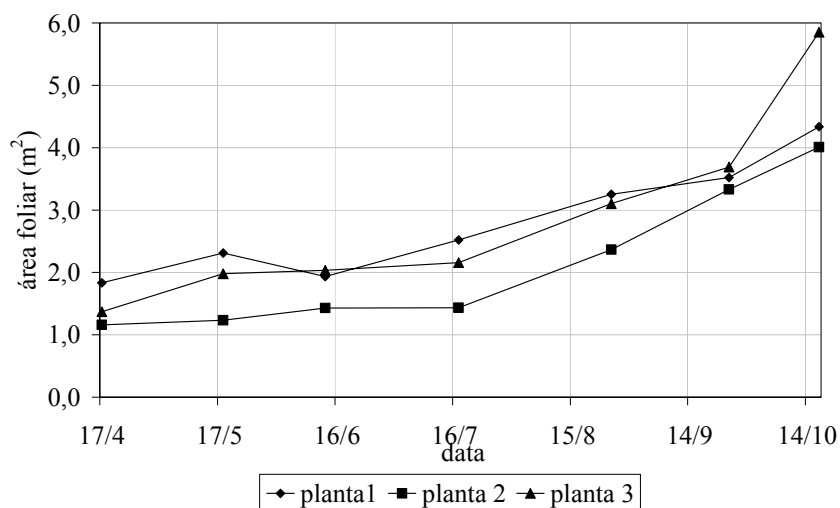


Figura 11 - Área foliar em  $m^2$  para as três plantas em estudo

Foram realizadas regressões lineares entre os valores de consumo de água medidos pelo lisímetro poroso (CMed. – LP) e os valores de consumo de água estimado (CEst. – PM), no qual utilizaram-se a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith (PM), o coeficiente de localização da água aplicada ( $K_r$ ), o coeficiente de cultura e a área de projeção da copa, chegando-se ao volume estimado de água a ser consumido por dia ( $L \text{ dia}^{-1}$ ).

Os valores de  $R^2$  obtidos nas regressões variaram entre 0,6 e 0,7. Os coeficientes angulares das equações de regressão (Figura 12) apresentam valores próximos de um (0,92 e 0,99), mostrando que os valores medidos se aproximam dos valores estimados, conforme visto na Figura 12.

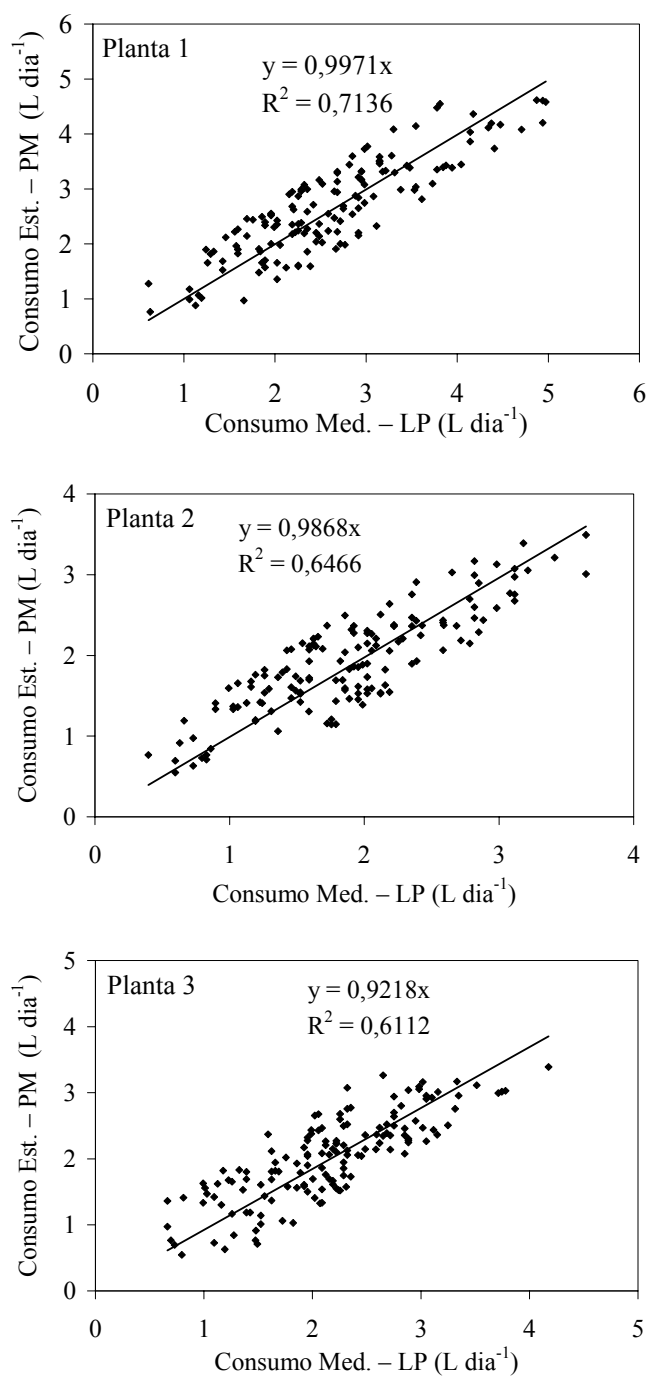


Figura 12 - Relação entre os valores de consumo de água medidos pelo lisímetro poroso (CMed. - LP) e o consumo de água estimado pelo método climatológico de Penman Monteith (CEst. - PM) para as plantas 1, 2 e 3 do pomar jovem, respectivamente

De acordo com Camargo & Sentelhas (1997), o coeficiente de correlação (R) reflete a precisão do modelo, indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, enquanto a exatidão (d) se refere ao afastamento dos valores estimados em relação aos medidos. Com base nesses conceitos, pode-se dizer que em todas as plantas as diferenças entre valores medidos e estimados foram menores do que as dispersões em relação às médias, uma vez que o índice de exatidão médio obtido para as plantas analisadas foi regular (Tabela 11).

A discordância entre os métodos pode ser explicada pelo fato de que as plantas estavam isoladas das precipitações e a porcentagem de área molhada (P) foi baixa, variando de 5% no início e 1% no fim do experimento, devido ao crescimento das mudas. Com isso, nos dias nublados, ou com chuvas os valores medidos de evapotranspiração de referência (Penman Monteith) eram baixos, e o consumo de água pela planta não diminuía, pois o solo permanecia seco e a absorção de água apenas nos bulbos molhados se mantinham altas nos dias nublados.

Um segundo fator a influenciar seria a superestimativa da ETo. Várias pesquisas realizadas em diferentes regiões do globo detectaram com frequência uma superestimativa da ETo, tendo a grama como referência, sob uma ampla gama de condições climáticas baseadas em medições lisimétricas de precisão em Davis, Califórnia, e medições micrometeorológicas de ETo, na Austrália. De acordo com Sedyama 1996, tal superestimativa chega próximo de 35% durante os meses de maior demanda evaporimétrica, em Davis, Califórnia, e por uma média de 12% em valores sazonais. Em outras regiões, como na Austrália, de clima classificado como árido e semi-árido, a superestimativa atingiu 8%. Além disso, nas regiões consideradas úmidas e subúmidas o erro observado atingiu 35% para ambos os casos, durante os meses de maior demanda e também em termos médios sazonais. Para verificar a existência de erros de sub ou superestimativa entre os métodos climatológicos utilizados e os resultados medidos, foram calculadas as porcentagens de erro nos períodos úmidos e secos. Foi calculada a evapotranspiração de referência acumulada por mês (ETo) pelos métodos da evaporação do Tanque Classe A (ECA) e pela equação de Penman Monteith.

A evapotranspiração da cultura acumulada medida com o lisímetro poroso, foi acumulada para cada mês analisado. Os valores de evapotranspiração acumulados foram agrupados nos meses secos e úmidos no período experimental analisado. Os resultados das porcentagens de erros obtidas pelos métodos de Penman Monteith e do tanque de evaporação (Classe A) comparados com os resultados obtidos no lisímetro poroso estão apresentados na Tabela 12. Analisando-se os resultados, verifica-se que a determinação da evapotranspiração de referência com o Tanque Classe A subestimou os resultados ao longo de todo o período experimental; já os resultados obtidos com a equação de Penman Monteith superestimou os dados no primeiro período considerado úmido; no período seco a superestimativa foi menor. Os erros obtidos nas determinações da ETo (Penman Monteith) podem estar contribuindo para o desempenho regular entre os resultados medidos e estimados obtidos no experimento.

Tabela 11. Valores dos coeficientes de exatidão (d), correlação (R), confiança (c) e desempenho das medidas de consumo do lisímetro poroso nas três plantas em estudo

Plantas	d	R	c	desempenho
1	0,927	0,7136	0,6544	Bom
2	0,914	0,6466	0,5911	Regular
3	0,886	0,6112	0,5414	Regular

Os valores médios diários de consumo de água, a evapotranspiração da cultura (ETc) e de referência (ETo), os valores da relação ETc/ETo e os dados meteorológicos do período analisado estão apresentados na Tabela 13. Em função de a área molhada pelos emissores porosos ser bastante reduzida (P 5% no início e 3% no fim do experimento) os valores de consumo de água se mostraram inferiores aos obtidos por Alves Júnior et. al., (2003), que variaram de 5L.dia<sup>-1</sup> no mês de agosto a 25L.dia<sup>-1</sup> em dezembro. Os valores medidos no experimento representam a transpiração da planta, e os valores medidos no lisímetro de pesagem por Alves Júnior et. al. (2003) envolvem a transpiração e evaporação da água no solo que, com a ocorrência das precipitações,

naturais permanecia com teores altos de umidade, fazendo com que os valores de evaporação fossem altos. Os valores de evapotranspiração da cultura variaram de 3,1 a 5,2mm dia<sup>-1</sup>, enquanto que os valores de Alves Júnior et al. (2003) variaram de 2,13 a 5,69mm dia<sup>-1</sup>.

Tabela 12. Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e da cultura (ET<sub>c</sub>), valores mensais e acumulados por períodos úmidos e secos, porcentagens de erro na estimativa da evapotranspiração de referência pelos dois métodos analisados

Períodos	Úmido			Seco				Úmido		
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
ET <sub>o</sub> (ECA) (mm mês <sup>-1</sup> )	107	92	58	55	57	69	68	103	98	100
ET <sub>o</sub> (PM) (mm mês <sup>-1</sup> )	160	147	100	105	99	135	132	157	141	138
Acumulados (mm período <sup>-1</sup> )										
ET <sub>o</sub> (ECA)		Úmido	257		Seco	352			Úmido	198
ET <sub>o</sub> (PM)			407			629				279
ET <sub>c</sub> (mm mês <sup>-1</sup> )										
Média	106	134	98	105	97	124	108	162	154	149
ET <sub>c</sub> Acumulada (mm período <sup>-1</sup> )		Úmido	338		Seco	596			Úmido	303
% de sub ou super estimativa em relação ao medido		ECA	-24					-41		-35
		PM	21					5		-8

Ao se confrontarem os dados da relação entre ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub> obtidos nesse trabalho (Tabela 13) com os dados divulgados pela literatura, observa-se uma diferença com os dados apresentados por Doorenbos e Kassam (1979), que recomendam valores de K<sub>c</sub> para citros variando de 0,65 a 0,75 e 0,85 a 0,90 para áreas com e sem controle de mato, respectivamente. Já em outra publicação mais recente da FAO, Allen et al (1997) recomendam um valor de K<sub>c</sub> médio de 0,5, valor este mais distante dos determinados neste trabalho. Os valores encontrados podem ser considerados altos se comparados com os valores encontrados na literatura internacional; porém, quando comparados com os resultados obtidos por Alves Júnior et al. (2003), (ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub> Penman Monteith de 0,7 a 1,86) observa-se uma similaridade entre os dados encontrados (ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub> Penman

Monteith de 0,66 a 1,09 e  $ET_c/ET_o$  E.C.A de 0,99 a 1,9). Já Vieira e Ribeiro (1993) recomendam um  $K_c$  médio de 0,8 para plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’ cultivadas em Limeira/SP, em que, apesar da similaridade de clima entre os dois ensaios, a diferença no tipo de solo, no período de estudo e na metodologia empregada para a obtenção do consumo de água pelas plantas, contribuem para que ocorra a diferença entre os resultados. Portanto, os dados obtidos nesse trabalho podem ser utilizados em pomares de lima ácida ‘Tahiti’ em estágio de formação.

Tabela 13. Consumo diário de água ( $L\ dia^{-1}$ ), evapotranspiração da cultura  $ET_c$  ( $mm\ dia^{-1}$ ) e de referência- $ET_o$  ( $mm\ dia^{-1}$ ) pelos métodos do tanque classe A (ECA) e Penman Monteith (PM), os dados meteorológicos do período em análise e as relação  $ET_c/ET_o$

	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Planta 1	2,3	2,8	2,5	2,6	2,1	3,0	2,1	2,6	3,4	3,4
Consumo Planta 2	2,0	2,5	1,4	1,8	1,5	2,2	2,2	3,4	3,1	3,1
( $L\ dia^{-1}$ ) Planta 3	2,2	3,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	4,0	3,4	2,7
Média	2,2	2,8	2,0	2,2	2,0	2,6	2,3	3,3	3,3	3,1
Planta 1	3,6	4,3	4,0	4,1	3,3	4,7	3,3	4,1	5,3	5,4
$ET_c$ Planta 2	3,2	3,9	2,2	2,8	2,4	3,5	3,4	5,3	4,8	4,8
( $mm\ dia^{-1}$ ) Planta 3	3,5	5,2	3,3	3,6	3,7	3,9	4,1	6,3	5,3	4,3
Média	3,4	4,5	3,2	3,5	3,1	4,0	3,6	5,2	5,1	4,8
$ET_o$ (ECA $mm\ dia^{-1}$ )	3,5	3,1	1,9	1,8	1,8	2,2	2,3	3,3	3,3	3,2
$ET_o$ (PM $mm\ dia^{-1}$ )	5,2	4,9	3,2	3,5	3,2	4,4	4,4	5,1	4,7	4,5
Precipitação ( $mm\ mês^{-1}$ )	272,2	27,0	112,2	0,0	22,5	79,4	45,6	49,3	176,1	164,6
Temp. °C	25,8	24,7	20,7	20,3	17,7	21,6	20,6	26,3	24,7	25,4
U. Relativa %	74,3	70,0	77,0	68,1	67,9	62,2	60,5	54,2	81,1	85,7
$ET_c/ET_o$ (ECA)	0,99	1,45	1,69	1,90	1,70	1,80	1,59	1,57	1,57	1,49
$ET_c/ET_o$ (PM)	0,66	0,92	0,97	1,00	0,98	0,92	0,82	1,03	1,09	1,08

## 4.2 Experimento II

### **Consumo de solução fertilizante pelas plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’ sobre limão ‘Cravo’ em condições de irrigação localizada.**

O período de aferição dos 18 conjuntos lisimétricos instalados nas duas plantas adultas foi de 19 a 29 de junho de 2002, sendo que neste período os tratamentos de fertirrigação não foram aplicados, ou seja, todos os tratamentos receberam somente água sem fertilizantes. Os valores de consumo de água total por planta ( $L\ dia^{-1}$ ) referente ao período de aferição e os valores da evapotranspiração de referência ( $ET_o\ mm\ dia^{-1}$ ) estimados pelo método climatológico de Penman Monteith estão ilustrados na Figura 14. A coleta inicial dos dados de consumo total de água pelas plantas foi realizada para registrarmos o comportamento individual de cada uma delas, já que foi considerada cada uma um bloco experimental. Os resultados de consumo total de água pelas plantas foram diferentes provavelmente devido a vários fatores, os quais podem ser: a variabilidade genética do material vegetativo utilizado nas mudas, da área foliar presente nas plantas e também a algum problema no solo que impeça um bom desenvolvimento radicular.

Para que ocorra o processo de florescimento, as plantas cítricas necessitam de um período de deficiência hídrica; com isso, o fornecimento de água foi interrompido durante o mês de julho, de forma a não comprometer a produção das plantas e aproximar-se da realidade encontrada nas propriedades irrigadas do Estado de São Paulo.

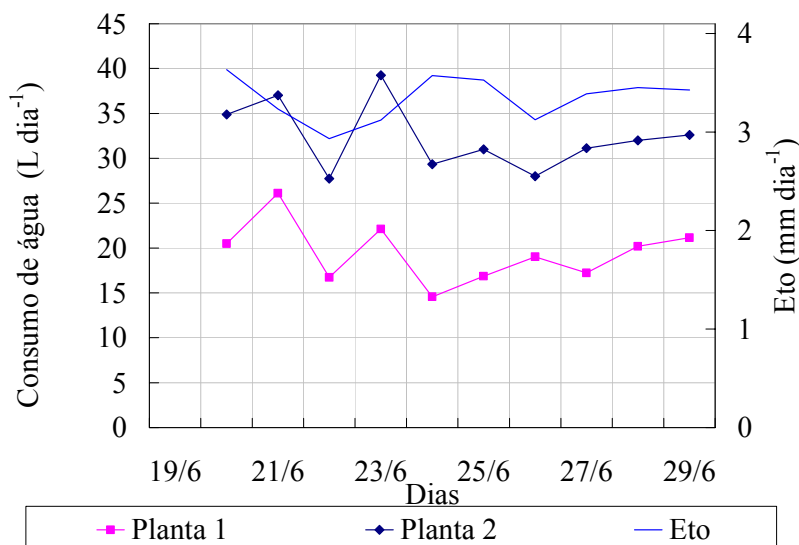


Figura 13 - Consumo total de água por planta do pomar adulto no período de aferição dos lisímetros e a evapotranspiração de referência (ETo) estimadas pelo método de Penman-Monteih ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) no período em estudo

A partir do dia 2 de agosto de 2002, teve início a coleta dos dados de consumo de solução por tratamento, conforme ilustrado nas Figuras 14 e 15. Na Figura 14 estão demonstrados os consumos diários separados nos tratamentos da planta 1 (Apêndice 2). Já na Figura 15 estão os resultados da planta 2 (Apêndice 3); é possível observar uma tendência de aumento no consumo no tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) em relação aos tratamentos T2 (N, P e K) e T1 (Testemunha).

Na Figura 16 observa-se o consumo de água diário das duas plantas avaliadas no pomar adulto (Apêndice 2 e 3), e a evapotranspiração de referência ETo, estimada pelo método de Penman-Monteih, de acordo com os dados coletados na estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, o consumo determinado pelo lisímetro poroso nas plantas de lima ácida ‘Tahiti’ do pomar adulto apresentou a mesma tendência que a demanda atmosférica diária.

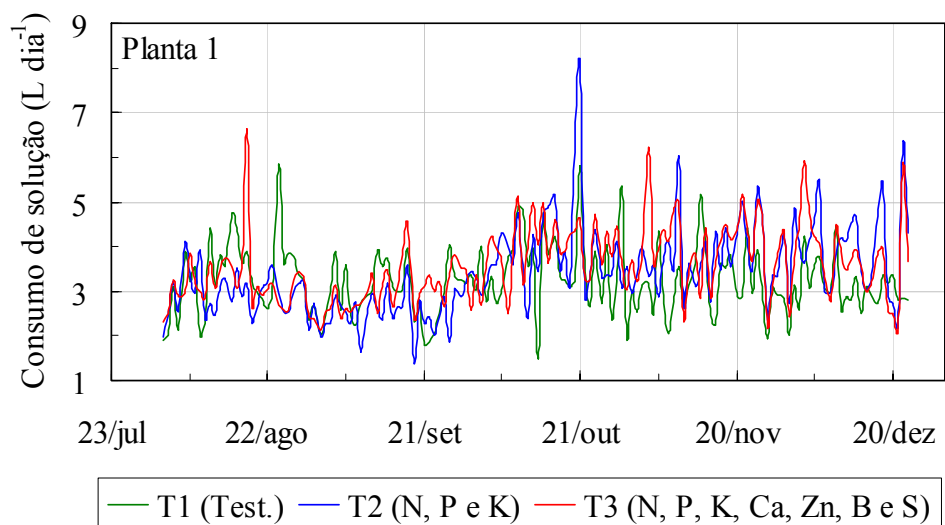


Figura 14 - Volumes de solução consumida por tratamento em L dia<sup>-1</sup> para a planta 1

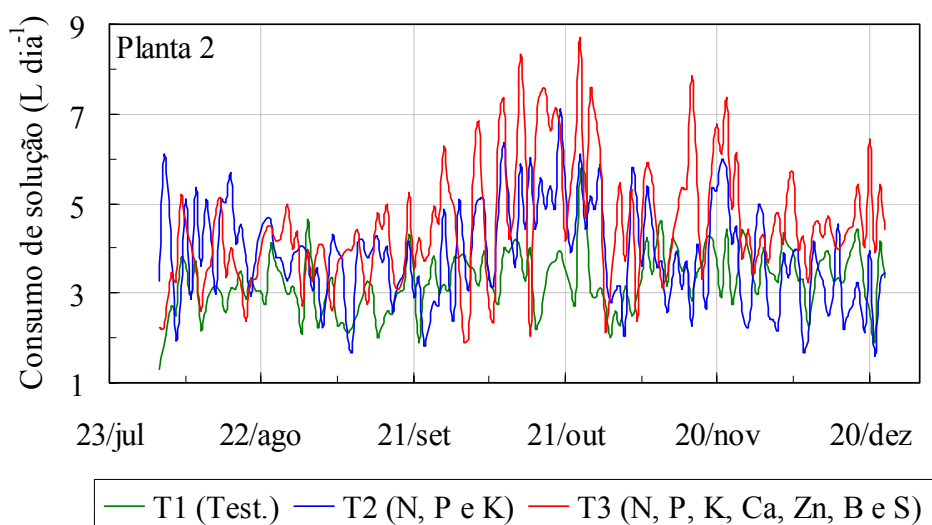


Figura 15 - Volumes de solução consumida por tratamento em L dia<sup>-1</sup> para a planta 2

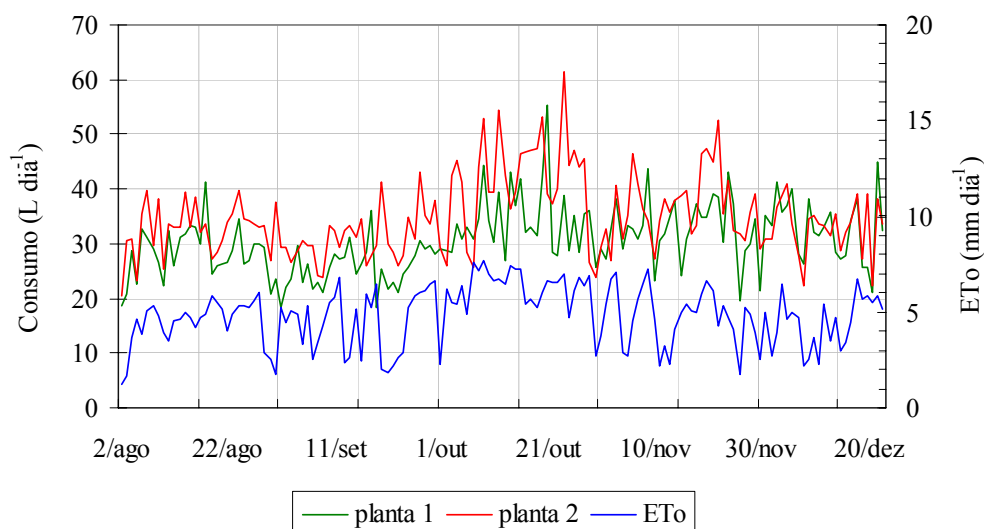


Figura 16 – Consumo total de solução pelas plantas 1 e 2 ( $\text{L dia}^{-1}$ ) e valores da evapotranspiração de referência estimados pelo método de Penman-Monteih ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) no período em estudo

Nas Figuras 17 e 18 estão apresentados os valores de consumo de solução acumulado para os três tratamentos em estudo para as duas plantas, respectivamente, onde podemos observar um maior consumo para o tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) nas duas plantas, sendo este mais evidente na planta 2 (Figura 18).

A irrigação localizada na cultura do citros apresenta valores baixos de fração de área molhada. Para a condução do experimento, simularam-se as condições utilizadas em campo pelos citricultores. A área molhada por cada emissor poroso foi de aproximadamente  $0,038\text{m}^2$ ; como foram instalados 72 emissores porosos por planta, a área molhada por planta foi de aproximadamente  $2,74\text{m}^2$ . O diâmetro da copa das plantas foi medido e apresentou valor aproximado de 5 metros, proporcionando  $19,63\text{m}^2$  de área de projeção da copa. Calculando-se os valores de porcentagem de área molhada (PW - área molhada dividida pelo espaçamento de plantio e P - área molhada dividida pela área de projeção da copa), encontraram-se valores de aproximadamente 5% e 13% respectivamente.

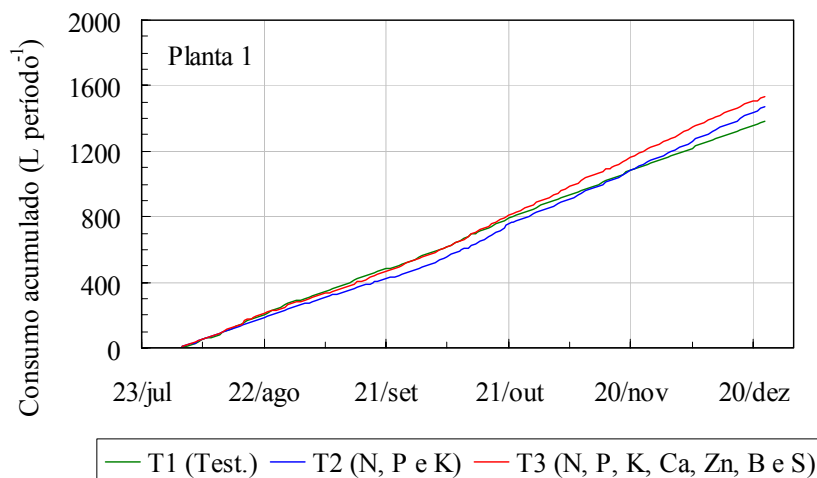


Figura 17 – Consumo de solução acumulado por tratamento em litros para a planta 1 no período analisado

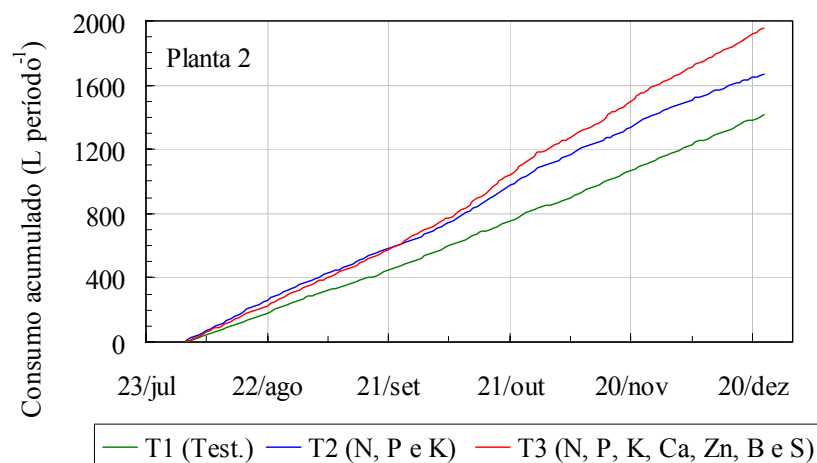


Figura 18 - Consumo de solução acumulado por tratamento em litros para a planta 2 no período analisado

As quantidades de nutrientes e as porcentagens aplicadas em cada fase fenológica, separados para cada um dos tratamentos fertirrigados, estão apresentadas nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 14. Quantidades de nutrientes aplicados por fase fenológica para as duas plantas em estudo nos dois tratamentos de fertirrigação T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)

	Fases*	Tratamento T2 (g fase <sup>-1</sup> )			Tratamento T3 (g fase <sup>-1</sup> )						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
Planta 1	1	69,6	105,5	24,9	76,8	116,5	27,5	60,3	0,8	1,9	1,9
	2	47,4	78,7	26,6	49,2	81,8	20,0	42,2	0,6	1,1	1,3
	3	37,5	9,6	27,2	36,5	9,3	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planta 2	1	92,5	140,3	33,2	96,3	146,1	34,5	75,6	1,0	2,4	2,4
	2	54,6	91,1	30,6	66,3	108,8	37,6	56,0	0,8	1,5	1,8
	3	32,5	8,3	32,1	44,5	11,3	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0

\*Fases: 1 (Pré-florescimento 9/8 a 10/10 e 0 a 60 dias após a implantação (DAI)); 2 (Florescimento 11/10 a 14/11 e 61 a 90 DAI) e 3 (Pegamento dos frutos 15/11 a 23/12 e 91 a 120 DAI)

Tabela 15. Porcentagem de nutrientes aplicados por fase fenológica para as plantas em estudo nos dois tratamentos de fertirrigação T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)

	Fases*	Tratamento T2 (%)			Tratamento T3 (%)						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
Planta 1	1	9,6	21,1	4,5	10,6	23,3	5,0	27,8	8,2	21,1	17,6
	2	6,6	15,7	4,8	6,8	16,4	3,6	19,5	5,8	11,7	11,7
	3	5,2	1,9	4,9	5,0	1,9	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Planta 2	1	12,8	28,1	6,0	13,3	29,2	6,2	34,9	10,3	26,5	22,1
	2	7,6	18,2	5,5	9,2	21,8	6,8	25,9	7,6	16,4	16,4
	3	4,5	1,7	5,8	6,2	2,3	7,9				

\*Fases: 1 (Pré-florescimento 9/8 a 10/10 e 0 a 60 dias após a implantação (DAI)); 2 (Florescimento 11/10 a 14/11 e 61 a 90 DAI) e 3 (Pegamento dos frutos 15/11 a 23/12 e 91 a 120 DAI)

O fornecimento dos nutrientes seguiu o calendário de fertirrigação proposto, e fez-se um balanço do que foi aplicado no experimento. Cerca de noventa por cento do total de fósforo a ser aplicado no ano foi fornecido nos 5 primeiros meses. O total de nutrientes fornecidos as plantas estão sendo apresentados na Tabela 16, e as

porcentagens totais aplicadas em relação ao total a ser aplicado no ano pode ser visto na Tabela 17.

Os totais de nutrientes fornecidos as duas plantas fertirrigadas estão representados graficamente nas Figuras 19 e 20, respectivamente, para os macro e micronutrientes.

Tabela 16. Quantidades de nutrientes fornecidos para as plantas 1 e 2, separados pelos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) para o período em estudo

		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
		g planta <sup>-1</sup>						
Planta 1	T2	154,5	193,8	88,5				
	T3	162,5	207,6	91,0	102,5	1,4	3,0	3,3
	Total (g planta <sup>-1</sup> )	317,0	401,4	179,5	102,5	1,4	3,0	3,3
Planta 2	T2	179,7	239,7	95,8				
	T3	207,1	266,3	115,9	131,7	1,8	3,9	4,2
	Total (g planta <sup>-1</sup> )	386,8	506,0	211,7	131,7	1,8	3,9	4,2
	média	351,9	453,7	195,6	117,1	1,6	3,5	3,7

Tabela 17. Porcentagem aplicada em relação ao total a ser aplicado no ano para as plantas 1 e 2, separados nos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)

		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
		% do total anual						
Planta 1	T2	21,4	38,8	15,9				
	T3	22,5	41,5	16,4	47,3	14,0	33,3	29,8
	% total planta <sup>-1</sup>	43,9	80,3	32,3	47,3	14,0	33,3	29,8
Planta 2	T2	24,9	47,9	17,2				
	T3	28,7	53,3	20,9	60,8	18,0	42,7	38,3
	% total planta <sup>-1</sup>	53,6	101,2	38,1	60,8	18,0	42,7	38,3
	Média	48,7	90,7	35,2	54,0	16,0	38,0	34,1

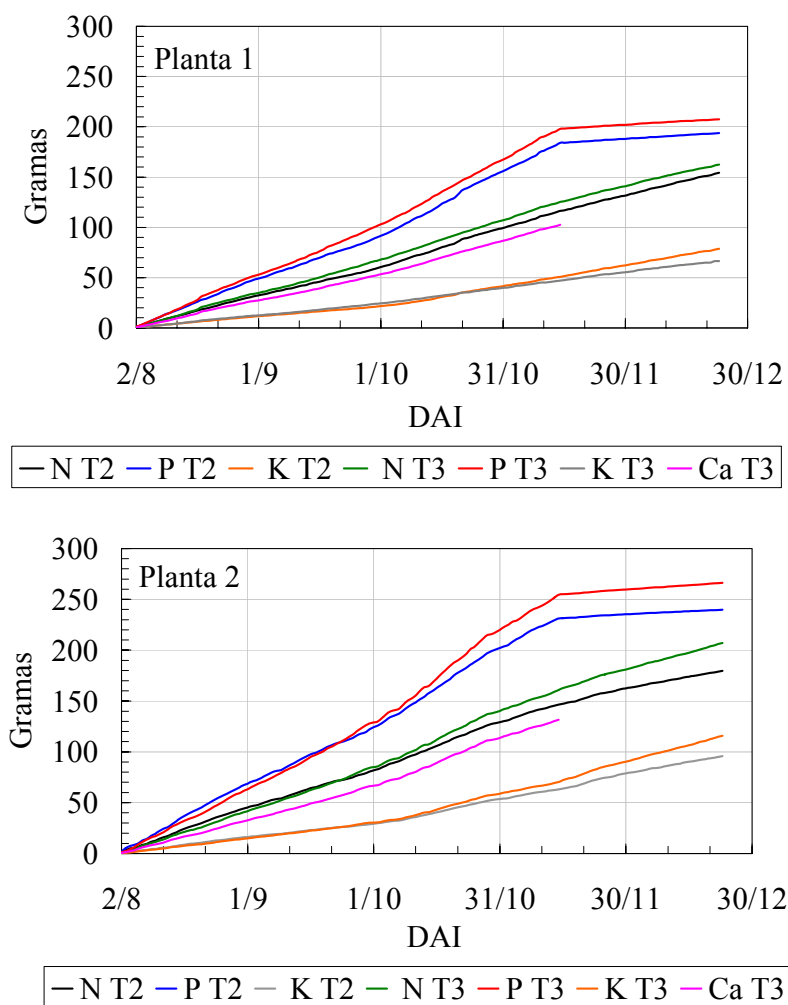


Figura 19 – Absorção acumulada dos macronutrientes separados nos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), para as plantas 1 e 2

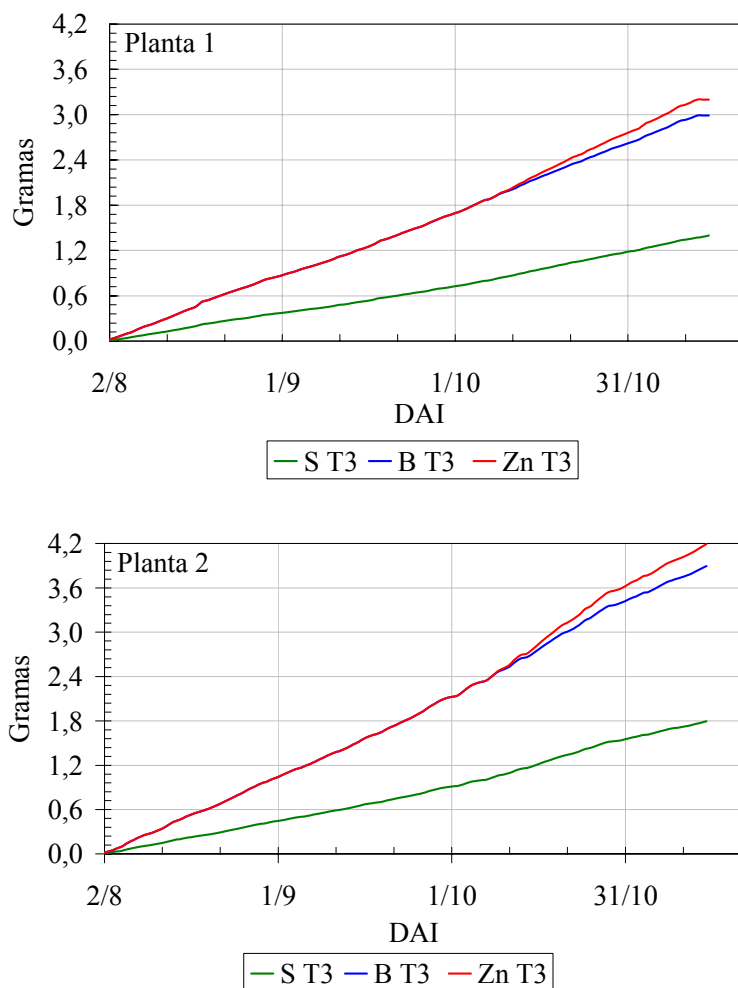


Figura 20 – Absorção acumulada dos micronutrientes absorvido nas plantas 1 e 2 aplicados apenas no Tratamento 3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)

Os resultados da análise multivariada detectou efeito dos tratamentos apenas na planta 2 (Bloco 2); estes foram verificados a partir do 92º dia após a implantação do experimento (Tabela 18). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), e os resultados estão apresentados na Tabela 19. Os resultados obtidos na planta 1 (Bloco 1) não promoveram efeitos significativos a 0,05 de probabilidade pelo teste F para a causa de variação analisada (Tabela 18). As diferenças entre os resultados obtidos nas duas plantas podem estar relacionados a vários fatores, mesmo sendo plantas com o mesmo diâmetro de copa; a área foliar pode ser diferente,

proporcionando transpiração distinta entre as plantas. Outros fatores seriam o solo onde pode haver diferenças químicas e físicas, levando a condições desiguais para o desenvolvimento radicular das plantas, e ainda a variabilidade do material genético das mudas de campo utilizadas no plantio do pomar.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para consumo acumulado de solução nos diferentes tratamentos, para cada intervalo de tempo ao longo do período experimental

Causa da variação	31	Dias Após Implantação (DAI)			
		61	92	122	145
		F			
		Planta 1			
Tratamentos	0,20	0,76	0,11	0,28	0,62
		Planta 2			
Tratamentos	4,93	14,07	25,02*	20,30*	11,15*

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 19. Consumo acumulado médio de solução (L Tratamento<sup>-1</sup>) pela planta 2 (Bloco 2), para cada tratamento, aos 92, 122 e 145 dias após a implantação (DAI) do experimento e resumo da análise estatística

Tratamentos	Dias Após Implantação (DAI)		
	92	122	145
	L Tratamento <sup>-1</sup>		
T1 (Testemunha)	280 b	374 b	445 b
T2 (N, P e K)	333 b	429 b	487 ab
T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)	394 a	555 a	661 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Os resultados dos testes de médias aplicados aos dados da planta 2 mostrou que a solução T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) é estatisticamente diferente da solução T1 (Testemunha), e não difere da solução T2 (N, P e K), evidenciando que a aplicação de

cálcio, boro, zinco e enxofre via fertirrigação propiciou um pequeno incremento de absorção de solução fertilizante.

A Tabela 20 apresenta os resultados de ETc (evapotranspiração da cultura medida) para valores de PW e P de 5% e 13%, respectivamente, e as relações ETc/ETo (Penman-Monteith) e ETc/ETo (Tanque Classe A) para os cinco meses monitorados. A preferência pelas expressões dos resultados de consumo de água pela cultura pelas relações entre ETc/ETo (Penman-Monteith) e ETc/ETo (Tanque Classe A) se deram em função de serem os dois métodos mais utilizados. Verifica-se que, para as condições climáticas ocorridas durante os meses analisados (agosto a dezembro de 2002), em solo de características argilosas, como a Terra Roxa Estruturada, os resultados da relação ETc/ETo (classe A) foram superiores aos obtidos por Cruz (2003) nos meses de agosto, setembro, novembro e dezembro, sendo inferior apenas no mês de outubro. A relação ETc/ETo (Penman-Monteith) variou na faixa de 0,34 a 0,44, enquanto na relação ETc/ETo (Classe A) variaram de 0,58 a 0,78, valores similares aos determinados por Hilgeman & Van Horn (1954), Reeve & Furr (1941), Kalma (1972) e Van Bavel et al. (1966), cujo valores não ultrapassavam 0,66, sendo o menor valor encontrado de 0,25.

Tabela 20. Evapotranspiração da cultura, evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman Monteith (PM) e tanque classe A e as relações de ETc/ETo para o período analisado

Período	ETc mm dia <sup>-1</sup>	ETo (PM) mm dia <sup>-1</sup>	ETo (Classe A) mm dia <sup>-1</sup>	ETc/ETo (PM)	ETc/ETo (Classe A)
Agosto	1,61	4,35	2,24	0,42	0,78
Setembro	1,50	4,41	2,32	0,39	0,71
Outubro	1,99	5,08	3,25	0,34	0,66
Novembro	1,84	4,70	3,26	0,44	0,61
Dezembro	1,75	4,45	3,16	0,43	0,58

O volume total de solução fertilizante consumido por cada tratamento foi aplicado em três dos nove conjuntos lisimétricos instalados por planta, ou seja, em apenas um terço da área molhada total aplicada pelos sistemas lisimétricos, supondo que as soluções de cada tratamento fossem aplicadas na área total irrigada pelos lisímetros,

obtém-se o valor estimado de consumo total em litros por planta no período analisado; em seguida foi dividido o valor total de consumo pelo número de dias do período (120 dias), determinando-se assim o valor médio de consumo diário por tratamento em litros. Dividiu-se o valor de consumo diário pela área de projeção da copa da planta e determinou-se a evapotranspiração da cultura em  $\text{mm dia}^{-1}$ . Esses resultados são apresentados na Tabela 21. Observa-se que os dados do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) proporcionaria um valor de ETC diária cerca de 48% superior ao do tratamento T1 (Testemunha) e 39% superior em relação ao tratamento T2 (N, P e K), enquanto o tratamento T2 (N, P e K) foi superior ao T1 (Testemunha) em apenas 9%. Os resultados evidenciam a importância da aplicação do Ca, B, Zn e S na fertirrigação. O programa de fertirrigação proposto para o tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) tem custo superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 63%, devido à aplicação de Ca, Zn, B e S, o que poderia inviabilizar sua aplicação em algumas situações de campo. Com isso, surge a necessidade de desenvolver trabalhos para determinar qual dos elementos que aplicado separadamente promoveria o desenvolvimento radicular e/ou aumento no consumo de água e nutrientes, reduzindo, assim, o custo de aplicação e tornando-se a fertirrigação uma técnica viável para desenvolvimento de raízes no bulbo molhado pela irrigação localizada.

Tabela 21. Estimativa do consumo total e diário de solução fertilizante para os três tratamentos na planta 2, evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) e porcentagem de incremento de consumo dos tratamentos fertirrigados em relação ao volume estimado de consumo de água (Tratamento T1)

	Consumo Médio $\text{L trat.}^{-1}\text{período}^{-1}$	Consumo Total $\text{L planta}^{-1}\text{período}^{-1}$	Consumo diário $\text{L trat.}^{-1}\text{dia}^{-1}$	ETC $\text{mm dia}^{-1}$	% de incremento
T1	445	1335,0	11,13	0,57	100,00
T2	487	1461,0	12,18	0,62	109,44
T3	661	1983,0	16,53	0,84	148,54

### 4.3 Experimento III

#### Desenvolvimento da laranjeira Pêra sob o porta-enxerto limão ‘Cravo’ em função de diferentes concentrações de N e Ca aplicados via fertirrigação.

O preparo inicial do solo foi adequado, pois os teores dos nutrientes permaneceram na faixa interpretada como média pelo Grupo Paulista de adubação e calagem para Citros (Tabela 22). A curva de retenção utilizada para determinação dos valores de umidade do solo foi determinada por Blanco (2004) e está apresentada na Figura 21.

Tabela 22. Análises de solo antes do preparo do solo (1º), dois meses após o preparo do solo (2º) e valores médios para cada elemento segundo o Grupo Paulista de Adubação e Calagem (3º)

Análise	Unidade	1º	2º	3º	Análise	Unidade	1º	2º	3º
pH	CaCl <sub>2</sub>	4,3	5	5 a 6	V	%	31	57	60-70
MO	g dm <sup>-3</sup>	11	13		m	%	21	0	
P	mg dm <sup>-3</sup>	1	42	13-30	B	mg dm <sup>-3</sup>	<0,1	0,4	0,2-0,6
S	mg dm <sup>-3</sup>	14	22	5-10	Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,4	0,8	0,3-1,0
K	mmolc dm <sup>-3</sup>	0,8	2	1,6-3,0	Fe	mg dm <sup>-3</sup>	13	20	
Ca	mmolc dm <sup>-3</sup>	12	21		Mn	mg dm <sup>-3</sup>	2,5	2,5	1,5-5,0
Mg	mmolc dm <sup>-3</sup>	5	6	4-8	Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,2	0,7	0,7-1,5
Al	mmolc dm <sup>-3</sup>	4	0		SB	mmolc dm <sup>-3</sup>	15	29	51-70
H+Al	mmolc dm <sup>3</sup>	34	22		T	mmolc dm <sup>-3</sup>	49	51	

O experimento III foi planejado com o objetivo de coletar dados de crescimento vegetativo no primeiro ano de implantação do pomar; porém, para que os dados fossem processados e incluídos neste trabalho, foram utilizados os resultados de apenas 214 dias. O experimento continuou sendo conduzido por um estagiário do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP até a conclusão do período estabelecido.

O potencial mátrico manteve-se na faixa de -6kPa a -30kPa para todos os tratamentos, durante os primeiros 165 dias de experimento; depois desta data, os valores

de potencial chegaram a valores próximos de -80kPa. A frequência de irrigação foi fixada em sete dias. No início do experimento, os valores de potencial não foram superiores a -30kPa; porém, com o desenvolvimento das plantas, este chegou a valores próximos de -80kPa. Não foi observada ocorrência de drenagem no fundo dos vasos para nenhuma das irrigações realizadas, o que permite afirmar que toda água e fertilizantes adicionados ficaram retidos na região radicular da cultura. Na Figura 22 observam-se os valores de potencial mátrico medido no solo (média de 3 repetições) ao longo do período de experimentação para as três combinações de N e Ca, sendo a primeira com fornecimento de apenas nitrogênio, à base de uréia (U), a segunda combinação fornecendo nitrogênio e cálcio, utilizando uréia e cloreto de cálcio (UCC) e, por fim, a terceira combinação de N e Ca, à base de adubo líquido (AL).

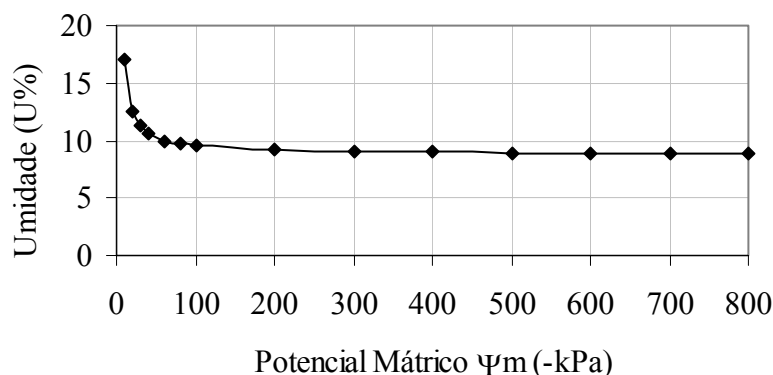


Figura 21 – Curva de retenção utilizada na determinação da umidade do solo

A análise de variância detectou efeito dos tratamentos nos resultados referentes a consumo de água comparado à testemunha; estes foram identificados a partir do 179º dia após a implantação do experimento (Tabela 23). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), e os resultados estão apresentados na Tabela 24. Todos os tratamentos fertirrigados se mostraram iguais até os 148 dias após o transplântio. Aos 179 dias, o tratamento UCC3<sub>79; 71</sub> diferenciou-se estatisticamente dos demais, porém na última data de amostragem todos se igualaram novamente. Observou-se que o tratamento UCC3<sub>79; 71</sub> foi superior à testemunha em 47%, e em seguida pelos

tratamentos UCC1<sub>27; 23</sub> e AL1<sub>27; 23</sub> com 44%. Os valores de consumo de água estão apresentados no Apêndice 4.

Tabela 23. Resumo da análise de variância para consumo acumulado de solução, nos intervalos de tempo ao longo do período experimental, para cada combinação e dose de nitrogênio

Causa da variação	Dias após transplântio						
	25	50	88	120	148	179	207
	F						
Testemunha x Fatorial	0,40	1,54	0,99	2,03	4,45*	17,14**	37,60**
Combinações (C)	0,14	0,00	0,04	0,11	0,15	0,07	0,22
Doses (D)	0,85	0,27	1,96	1,30	1,36	1,33	1,73
Interação C x D	0,12	0,00	0,88	0,90	0,72	0,89	1,37

\*. \*\* Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 24. Médias\* do consumo acumulado de solução (L parcela<sup>-1</sup>) para cada tratamento aos 148, 179 e 207 dias após o transplântio, e resumo da análise estatística

Combinação de N e Ca	Tratamentos	Dias após transplântio		
		148	179	207
N Uréia	Testemunha <sub>0;0**</sub>	104 a	143 b	175 b
	U1 <sub>27; 0</sub>	111 a	176 ab	238 ab
	U2 <sub>53; 0</sub>	121 a	191 ab	254 a
	U3 <sub>79; 0</sub>	134 a	204 ab	267 a
	U4 <sub>106; 0</sub>	112 a	179 ab	239 ab
N + Ca Uréia e CaCl <sub>2</sub>	UCC1 <sub>27; 23</sub>	132 a	203 ab	268 a
	UCC2 <sub>53; 48</sub>	128 a	199 ab	263 a
	UCC3 <sub>79; 71</sub>	140 a	207 a	273 a
N + Ca Adubo Líquido	UCC4 <sub>106; 95</sub>	125 a	186 ab	249 a
	AL1 <sub>27; 23</sub>	129 a	202 ab	268 a
	AL2 <sub>53; 48</sub>	129 a	197 ab	260 a
	AL3 <sub>79; 71</sub>	132 a	202 ab	266 a
	AL4 <sub>106; 95</sub>	124 a	186 ab	243 a

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

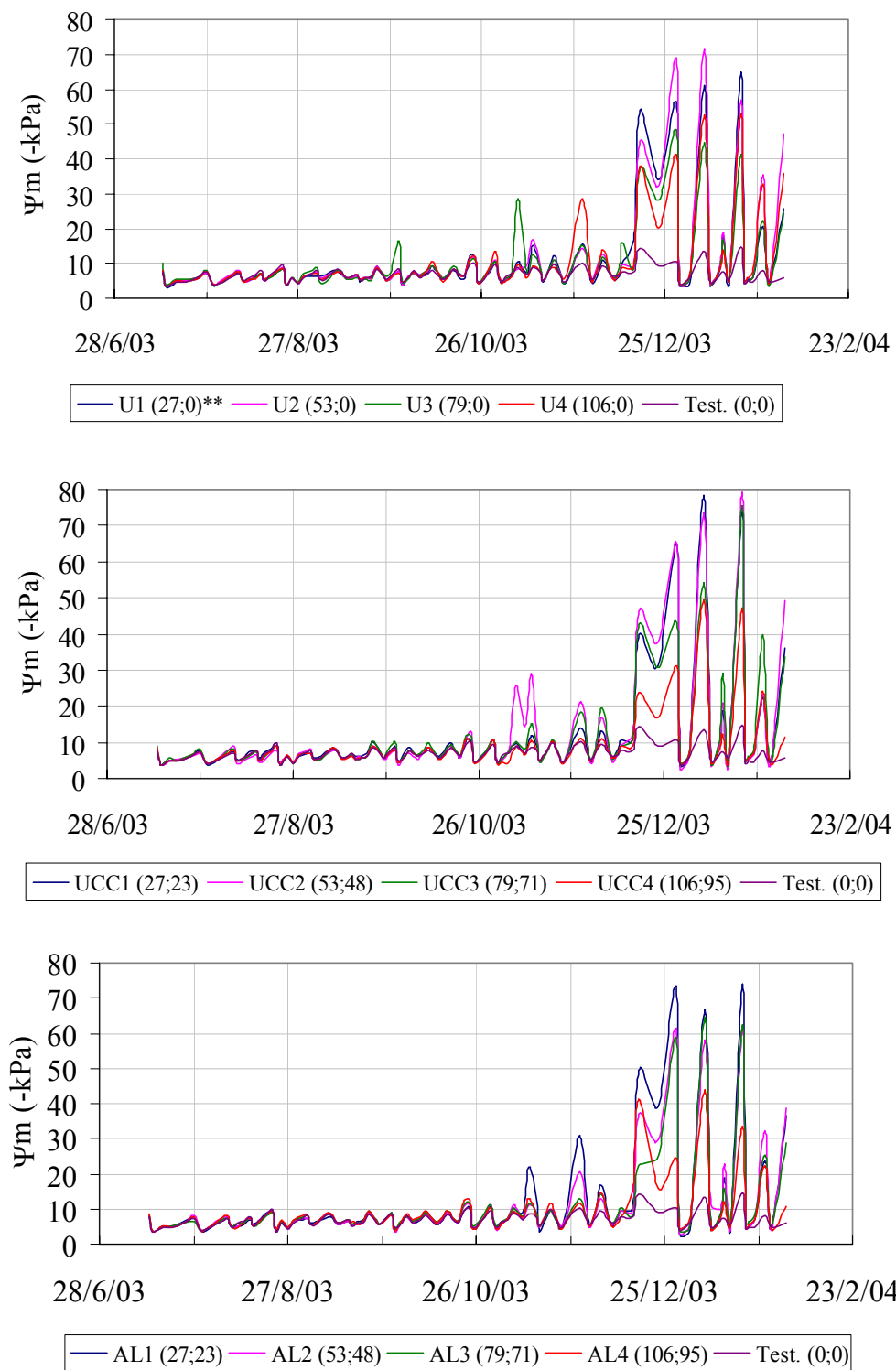


Figura 22 – Variação do potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) para os diferentes tratamentos ao longo do período de condução do experimento. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $g\ planta^{-1}\ ano^{-1}$ )

Após as fertirrigações, foram retiradas amostras de solução do solo, para mensuração dos valores de condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 23, 24 e 25, respectivamente. Os valores estão apresentados nos Apêndices 5, 6 e 7, respectivamente, para CE, pH e concentração de nitrato.

Calculou-se o valor médio dos dados de condutividade elétrica, pH e concentração de nitrato na solução do solo de todo o período experimental para a realização da análise de variância. A análise de variância detectou efeito dos tratamentos nos resultados das três variáveis *versus* a testemunha (Tabela 25). A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey (Gomes, 2000), pelo qual observa-se que o tratamento  $\text{AL4}_{106; 95}$  apresentou maior valor de condutividade elétrica diferindo dos tratamentos. Os valores de pH não apresentaram diferenças. Os tratamentos  $\text{UCC4}_{106; 95}$  e  $\text{AL4}_{106; 95}$  diferiram dos demais nos valores médios de nitrato na solução do solo (Tabela 26).

Tabela 25. Resumo da análise de variância para médias de condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) da solução do solo, para cada combinação e doses de nitrogênio e cálcio

Causa da variação	CE	pH F	$\text{NO}_3$
Testemunha x Fatorial	47,47**	7,45*	31,62**
Combinações (C)	3,39	1,59	2,70
Doses (D)	0,32	0,90	0,00
Interação C x D	0,06	0,00	0,00

\* \*\* Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

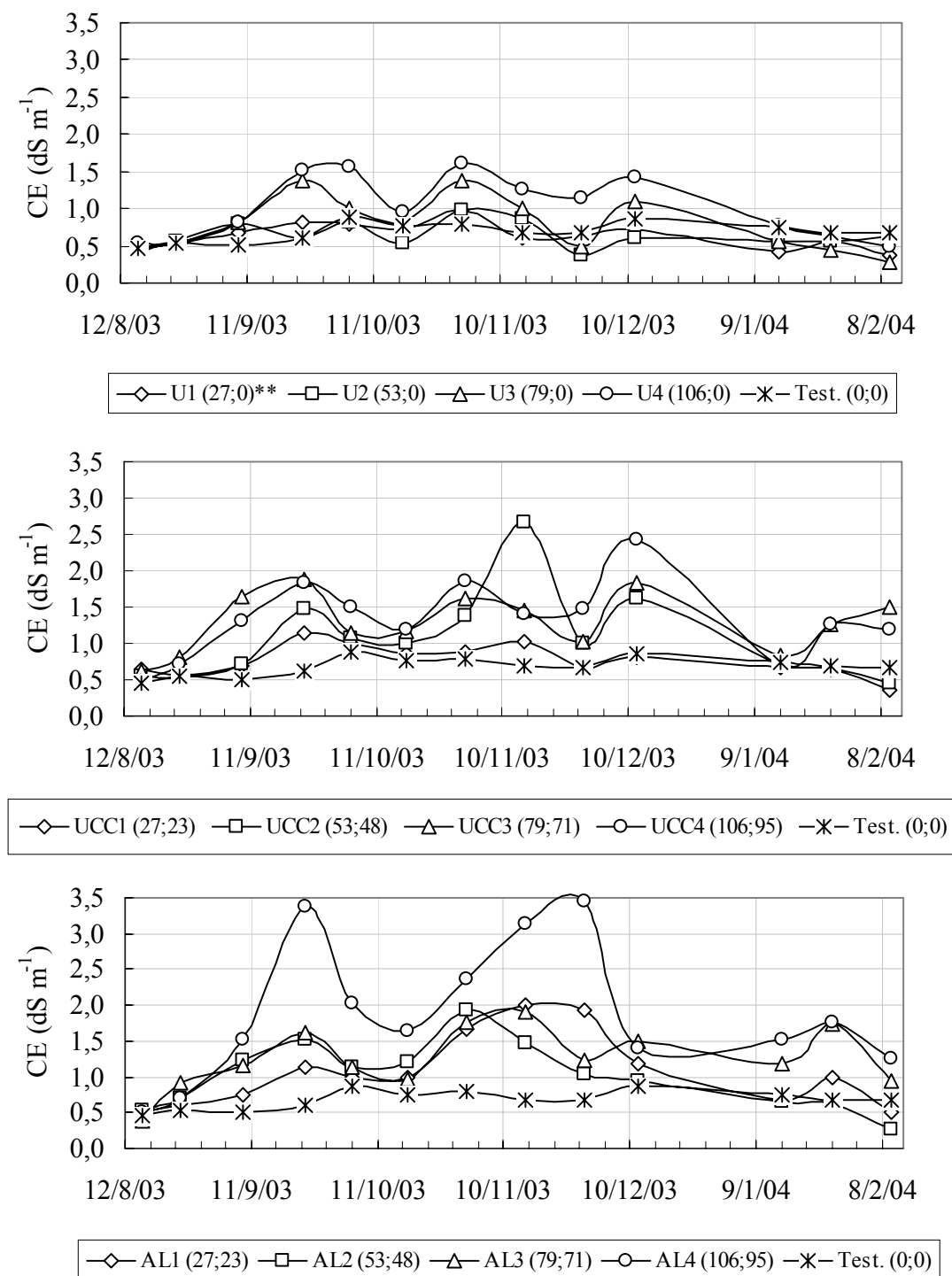


Figura 23 - Condutividade elétrica média na solução do solo (dS m<sup>-1</sup>), para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

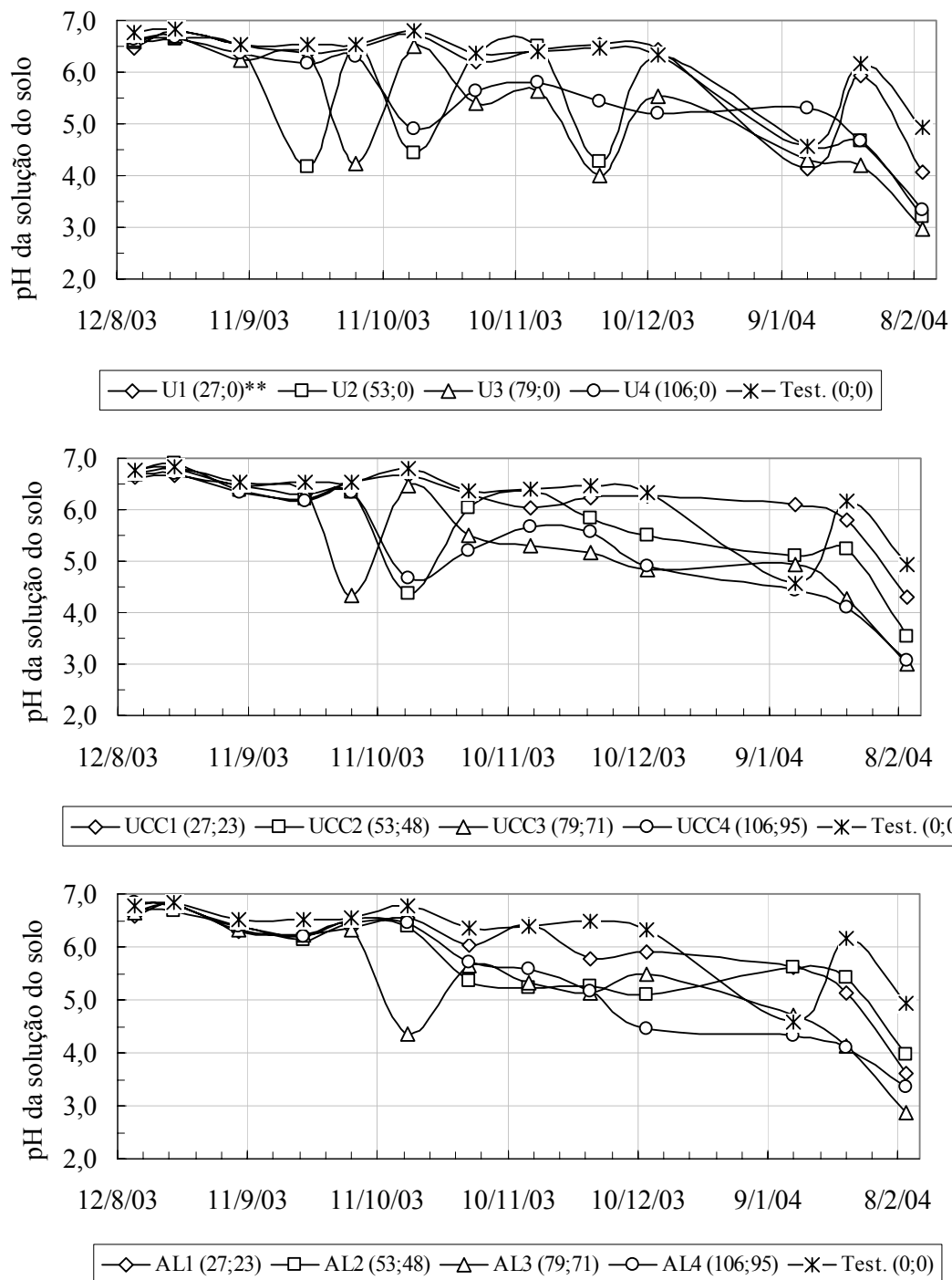


Figura 24 - pH médio na solução do solo para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

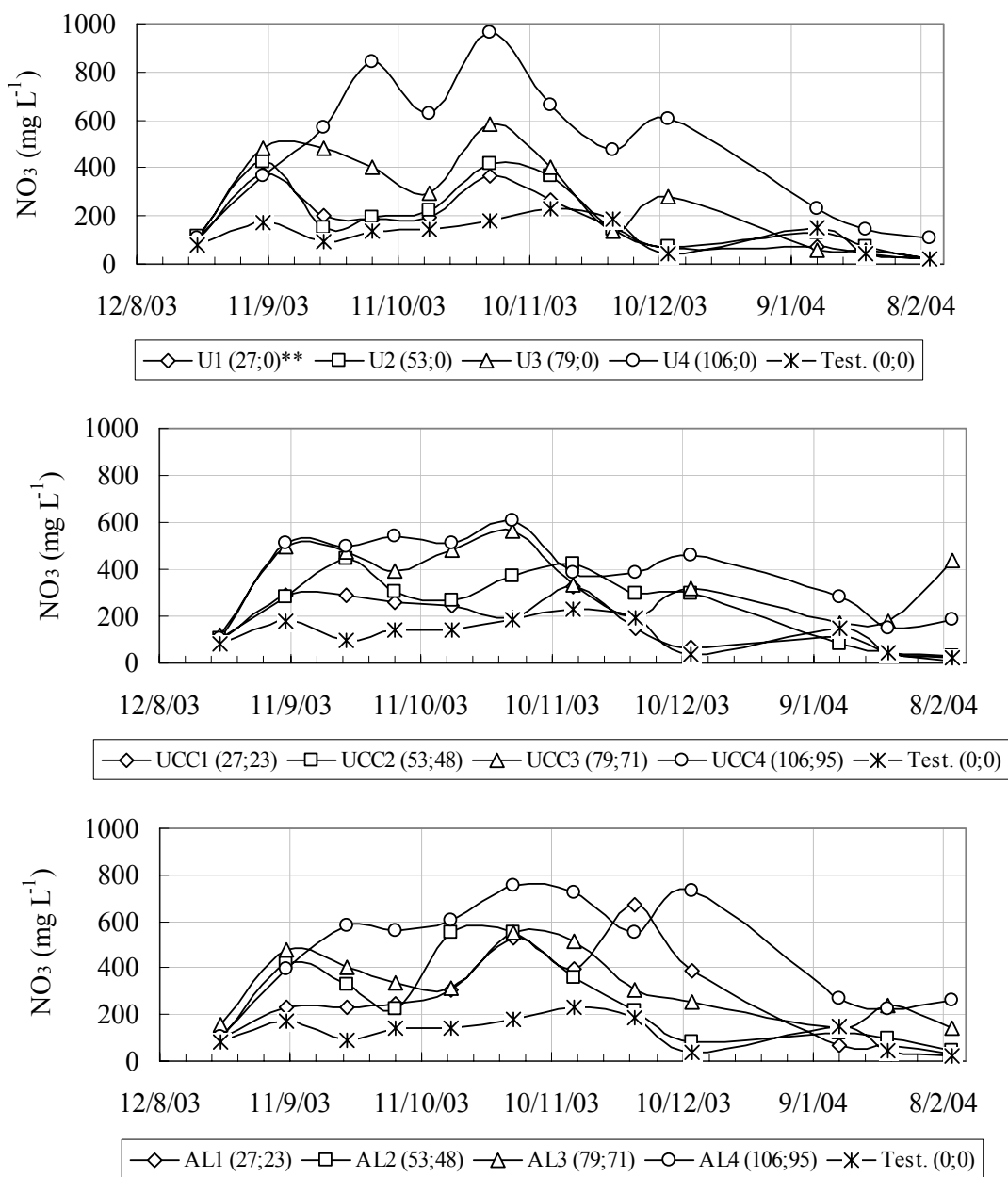


Figura 25 – Concentração média de nitrato na solução do solo ( $\text{mg L}^{-1}$ ), para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Tabela 26. Médias\* da condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nitrato (NO<sub>3</sub>) da solução do solo para cada tratamento, e resumo da análise estatística

Combinação de N e Ca		CE dS m <sup>-1</sup>	pH	NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup>
	Tratamentos	0,53 d	6,5 a	125 c
	Testemunha <sub>0;0</sub> **	0,68 cd	6,4 a	184 bc
N	U1 <sub>27;0</sub> **	0,74 bcd	6,4 a	242 abc
	Uréia			
	U2 <sub>53;0</sub>	0,86 abc	5,8 a	307 ab
	U3 <sub>79;0</sub>	0,97 abc	5,9 a	441 a
	U4 <sub>106;0</sub>	0,81 abc	6,3 a	188 bc
N + Ca	UCC1 <sub>27;23</sub>	1,14 abc	6,1 a	273 ab
	Uréia e CaCl <sub>2</sub>			
	UCC2 <sub>53;48</sub>	1,27 abc	5,8 a	338 ab
	UCC3 <sub>79;71</sub>	1,28 ab	5,8 a	375 ab
	UCC4 <sub>106;95</sub>	1,12 abc	6,1 a	294 ab
N + Ca	AL1 <sub>27;23</sub>	1,14 abc	5,8 a	293 ab
	Adubo Líquido			
	AL2 <sub>53;48</sub>	1,32 ab	5,7 a	335 ab
	AL3 <sub>79;71</sub>	1,83 a	5,7 a	473 a

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

No decorrer do experimento, foram realizadas quatro medidas de área foliar, e os resultados estão ilustrados na Figura 26 e no Apêndice 8. Foi detectado na análise de variância efeito dos tratamentos nos resultados para os 165 e 211 dias após o transplântio (Tabela 27). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), os tratamentos UCC1<sub>27;23</sub> e AL1<sub>27;23</sub> diferenciaram-se dos demais tratamentos, sendo que o primeiro apresentou maior valor de área foliar (Tabela 28).

Tabela 27. Resumo da análise de variância para área foliar, para cada medida realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio

Causa da variação	Dias após transplântio			
	25	100	165	211
	F			
Testemunha x Fatorial	0,04	3,30	23,86**	14,01**
Combinações (C)	0,11	0,00	0,25	1,78
Doses (D)	0,51	0,76	0,00	0,71
Interação C x D	0,05	0,14	0,00	0,77

\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 28. Médias\* da área foliar ( $m^2$  parcela<sup>-1</sup>) para cada tratamento nas medições realizadas aos 165 e 211 dias após o transplântio, e resumo da análise estatística

Combinação de N e Ca	Tratamentos	Dias após transplântio	
		165	211
	Testemunha 0;0**	0,33 b	0,46 b
N Uréia	U1 <sub>27; 0</sub> **	0,75 ab	1,35 ab
	U2 <sub>53; 0</sub>	0,73 ab	1,57 ab
	U3 <sub>79; 0</sub>	0,74 ab	1,66 ab
	U4 <sub>106; 0</sub>	0,83 ab	1,54 ab
N + Ca	UCC1 <sub>27; 23</sub>	0,78 ab	1,95 a
	UCC2 <sub>53; 48</sub>	0,95 a	1,56 ab
Uréia e CaCl <sub>2</sub>	UCC3 <sub>79; 71</sub>	0,80 ab	1,54 ab
	UCC4 <sub>106; 95</sub>	0,80 ab	1,48 ab
N + Ca Adubo Líquido	AL1 <sub>27; 23</sub>	0,91 a	1,71 a
	AL2 <sub>53; 48</sub>	0,71 ab	1,29 ab
	AL3 <sub>79; 71</sub>	0,89 a	1,45 ab
	AL4 <sub>106; 95</sub>	0,96 a	1,36 ab

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

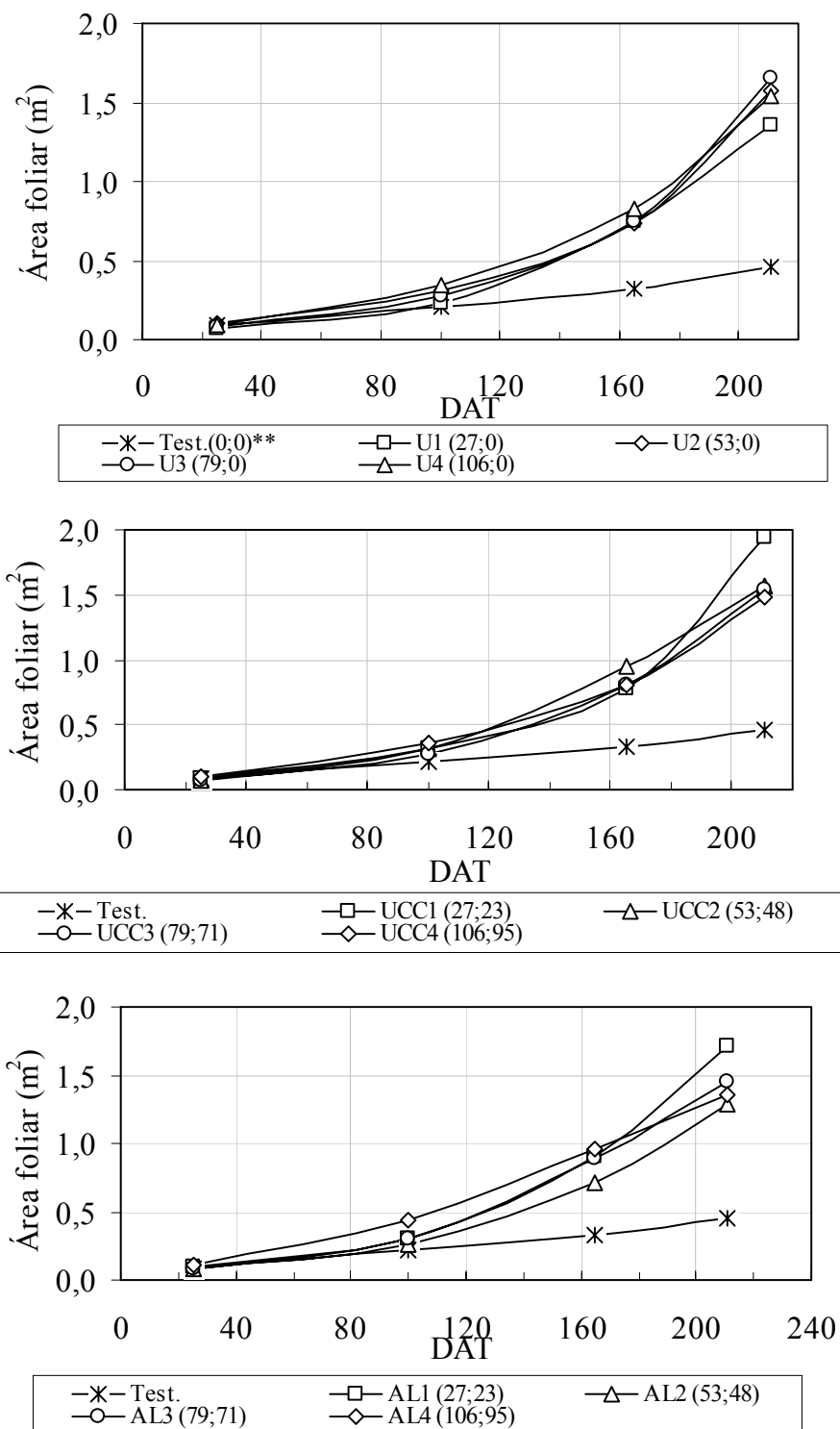


Figura 26 - Área foliar média ( $\text{m}^2 \text{ parcela}^{-1}$ ), para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )

Os valores referentes a área média das folhas ( $\text{cm}^2 \cdot \text{folha}^{-1}$ ) podem ser observados na Figura 27 e no Apêndice 9; o resultado da análise de variância não detectou efeito em nenhuma das causas de variação analisada e em nenhum dos dias após o transplântio analisado (Tabela 29).

Tabela 29. Resumo da análise de variância para área média das folhas ( $\text{cm}^2 \text{folha}^{-1}$ ), para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio

Causa da variação	Dias após transplântio			
	25	100	165	211
	F			
Testemunha x Fatorial	0,17	0,00	0,01	2,31
Combinações (C)	0,68	0,24	0,45	0,35
Doses (D)	0,39	0,16	0,24	0,07
Interação C x D	1,06	0,01	0,17	0,06

\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Foram realizadas quatro contagens do número de folhas por parcela experimental, e os resultados estão ilustrados na Figura 28 no Apêndice 10; o número de folhas teve um aumento a partir dos 165 dias após o transplântio. Foi detectado na análise de variância efeito dos tratamentos nos resultados para os 165 e 211 dias após o transplântio (Tabela 30). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), para as datas que apresentaram efeitos (Tabela 31). Os melhores resultados foram obtidos pelos tratamentos UCC1<sub>27; 23</sub>, AL4<sub>106; 95</sub>, UCC4<sub>106; 95</sub>, AL3<sub>79; 71</sub> e U2<sub>53; 0</sub>, respectivamente.

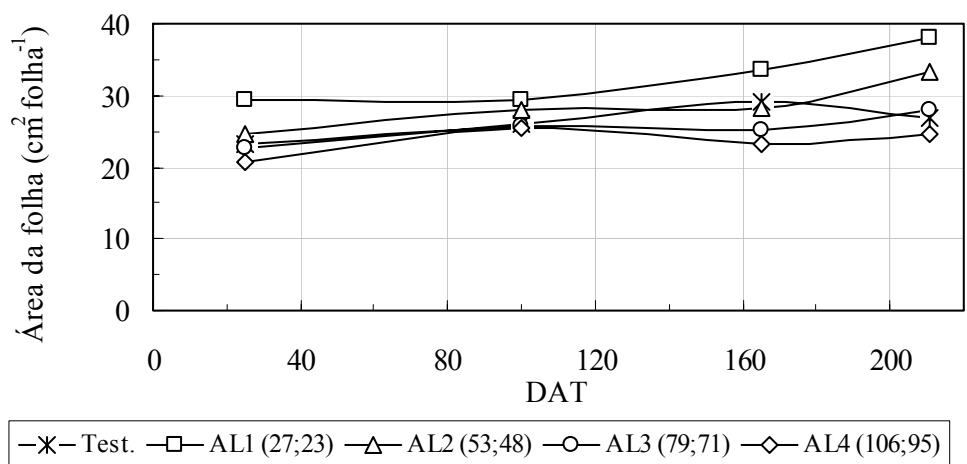
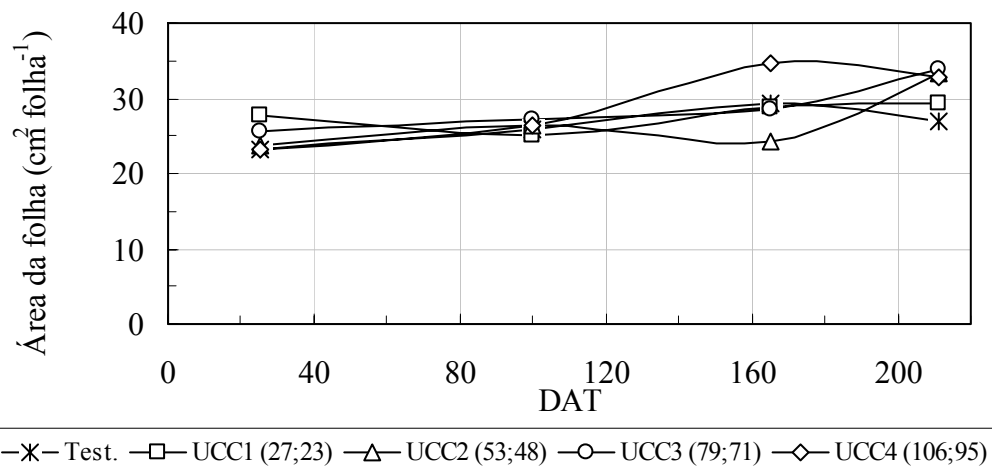
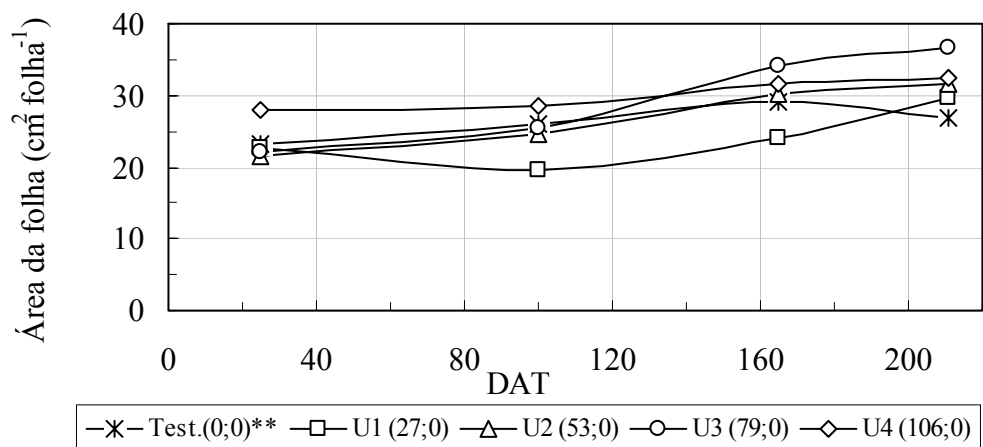


Figura 27 - Área média das folhas ( $\text{cm}^2 \text{folha}^{-1}$ ), para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Tabela 30. Resumo da análise de variância para número de folhas, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio

Causa da variação	Dias após transplântio			
	25	100	165	211
	F			
Testemunha x Fatorial	0,46	3,17	15,62**	24,53**
Combinações (C)	1,28	0,14	0,51	1,44
Doses (D)	1,10	0,62	0,60	0,19
Interação C x D	0,90	0,20	0,36	0,78

\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 31. Número de folhas médio\* por parcela experimental (folhas parcela<sup>-1</sup>) para cada tratamento nas medições realizadas aos 165 e 211 dias após o transplântio, e resumo da análise estatística

Combinação de		Dias após transplântio	
N e Ca	Tratamentos	165	211
N Uréia	Testemunha <sub>0;0</sub> **	112 b	168 b
	U1 <sub>27;0</sub> **	318 ab	467 ab
	U2 <sub>53;0</sub>	260 ab	511 a
	U3 <sub>79;0</sub>	213 ab	474 ab
	U4 <sub>106;0</sub>	286 ab	501 ab
N + Ca Uréia e CaCl <sub>2</sub>	UCC1 <sub>27;23</sub>	301 ab	703 a
	UCC2 <sub>53;48</sub>	422 a	476 ab
	UCC3 <sub>79;71</sub>	283 ab	455 ab
	UCC4 <sub>106;95</sub>	267 ab	540 a
N + Ca Adubo Líquido	AL1 <sub>27;23</sub>	299 ab	455 ab
	AL2 <sub>53;48</sub>	263 ab	407 ab
	AL3 <sub>79;71</sub>	375 a	530 a
	AL4 <sub>106;95</sub>	434 a	558 a

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

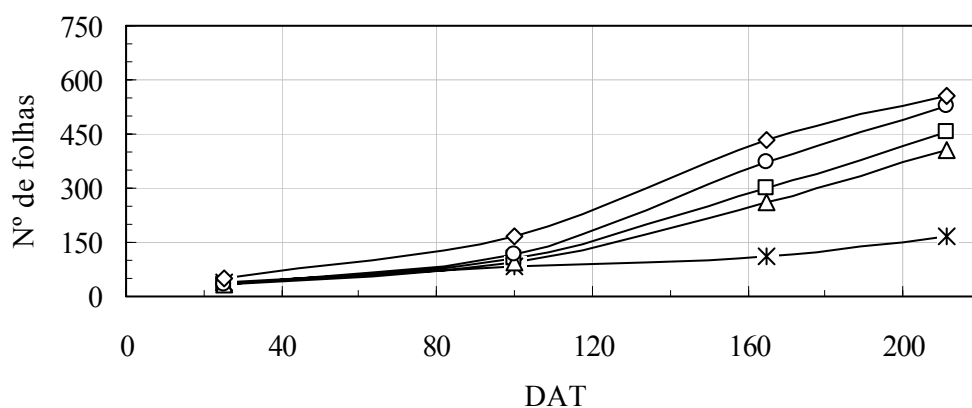
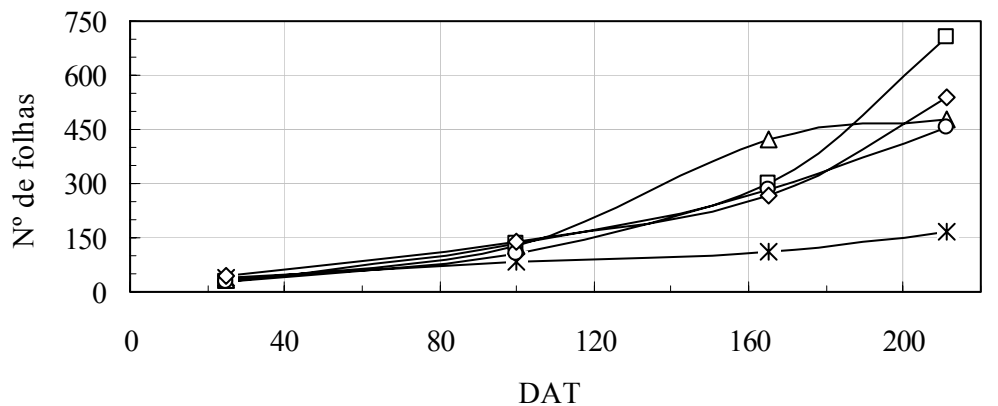
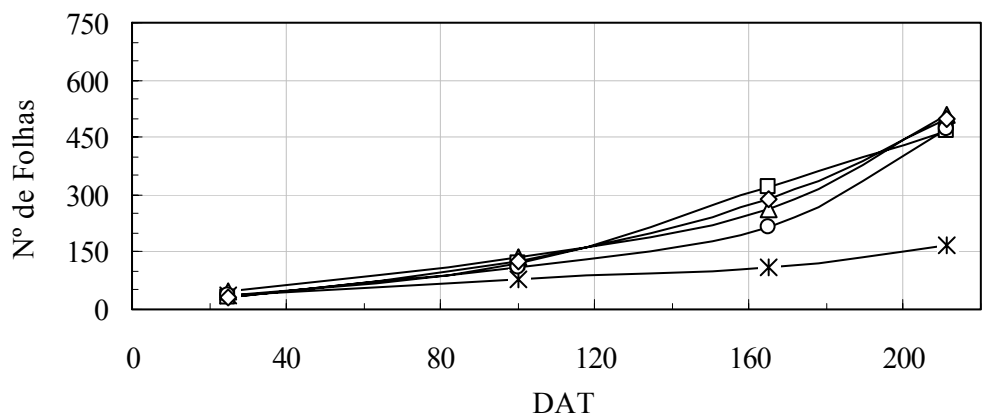


Figura 28 - Número médio de folhas por parcela, para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Os resultados de altura das plantas obtiveram padrão linear de crescimento nos tratamentos fertirrigados. As testemunhas apresentaram na última medida valores abaixo dos apresentados pelos tratamentos fertirrigados (Figura 29 e Apêndice 11). Foi detectado na análise de variância efeito dos tratamentos nos resultados para os 99, 159 e 208 dias após o transplântio (Tabela 32). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000) nas datas que apresentaram efeitos (Tabela 33).

Tabela 32. Resumo da análise de variância para altura das plantas, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio

Causa da variação	4	Dias após transplântio		
		99	159	208
F				
Testemunha x Fatorial	0,36	4,52*	23,88**	30,20**
Combinações (C)	0,30	0,35	1,38	0,37
Doses (D)	3,44	0,38	3,45	3,93
Interação C x D	0,33	0,26	4,03	2,19

\* Significativo a 0,05 e \*\* significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

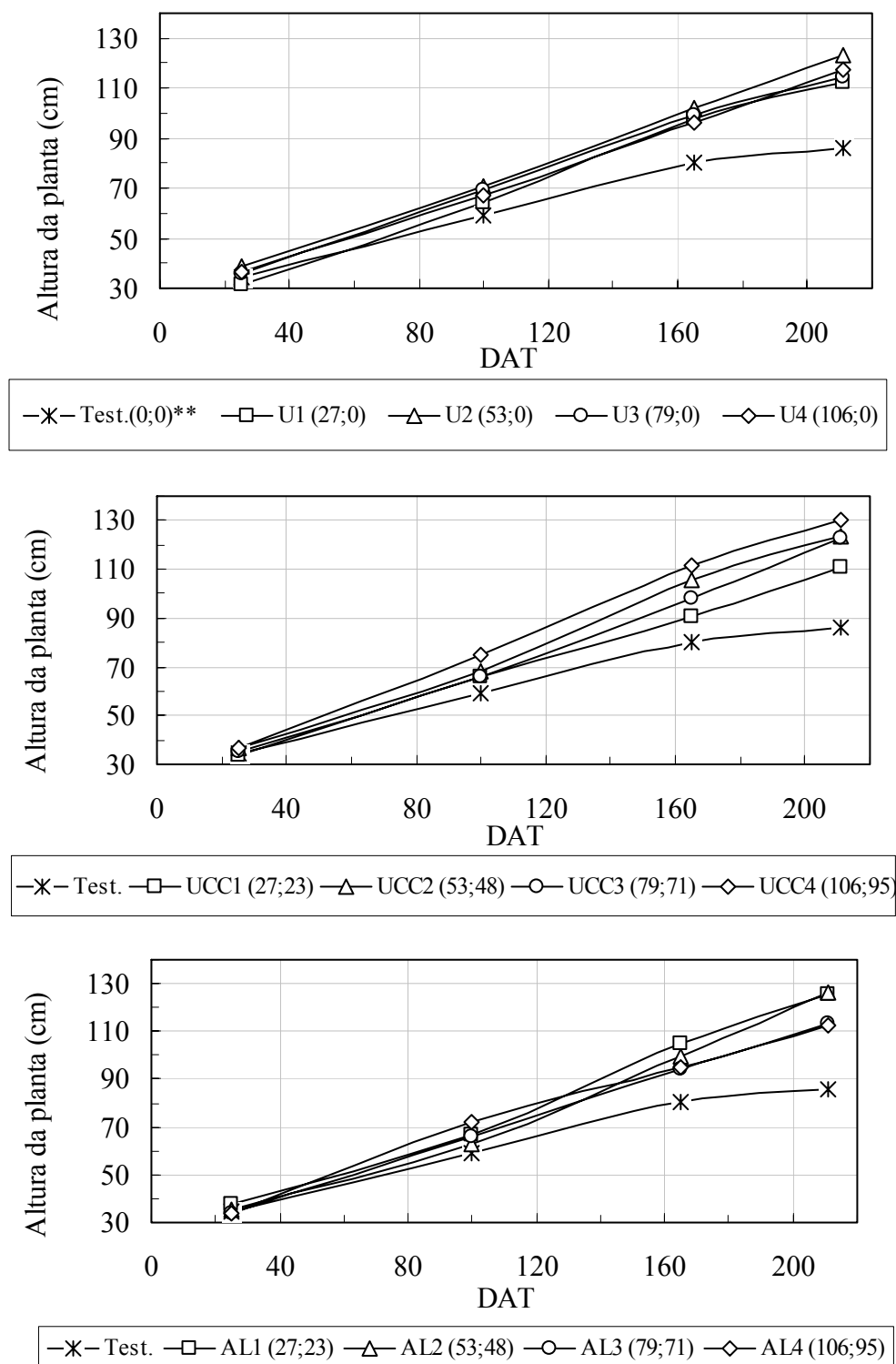


Figura 29 - Altura média das plantas (m), para cada tratamento ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Tabela 33. Altura média\* das plantas (cm) para cada tratamento nas medições realizadas aos 99, 159 e 208 dias após o transplântio e resumo da análise estatística

Combinação de		Dias após transplântio		
N e Ca	Tratamentos	99	159	208
	Testemunha <sub>0;0</sub> **	59 a	80 c	86 b
N	U1 <sub>27;0</sub> **	64 a	98 abc	113 ab
	U2 <sub>53;0</sub>	71 a	102 ab	124 a
Uréia	U3 <sub>79;0</sub>	70 a	99 abc	114 ab
	U4 <sub>106;0</sub>	67 a	97 abc	118 a
	UCC1 <sub>27;23</sub>	66 a	91 bc	111 ab
N + Ca	UCC2 <sub>53;48</sub>	68 a	106 ab	123 a
Uréia e CaCl <sub>2</sub>	UCC3 <sub>79;71</sub>	66 a	98 abc	123 a
	UCC4 <sub>106;95</sub>	75 a	112 a	130 a
N + Ca	AL1 <sub>27;23</sub>	67 a	105 ab	126 a
	AL2 <sub>53;48</sub>	63 a	99 abc	127 a
Adubo Líquido	AL3 <sub>79;71</sub>	66 a	94 abc	113 ab
	AL4 <sub>106;95</sub>	72 a	95 abc	113 ab

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

Os resultados de diâmetro do tronco obtiveram um maior desenvolvimento a partir da medida realizada no dia 159 após o transplântio das mudas (Figura 30 e Apêndice 12). Foi detectado na análise de variância efeito dos tratamentos nos resultados para os 159 e 208 dias após o transplântio (Tabela 34). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), e não foi detectada diferença entre os valores médios de altura das plantas (Tabela 35).

Tabela 34. Resumo da análise de variância para diâmetro do tronco, para cada medição realizada ao longo do período experimental, para cada fonte e dose de nitrogênio

Causa da variação	Dias após transplântio			
	4	99	159	208
	F			
Testemunha x Fatorial	0,89	0,09	17,87**	83,28**
Combinações (C)	0,03	0,00	0,81	0,48
Doses (D)	0,03	1,49	2,06	0,49
Interação C x D	0,17	1,08	0,86	0,52

\*\* Significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 35. Médias\* do diâmetro do tronco (mm) para cada tratamento nas medições realizadas aos 159 e 208 dias após o transplântio e resumo da análise estatística

Combinação de N e Ca	Tratamentos	Dias após transplântio	
		159	208
	Testemunha <sub>0;0</sub> **	10,3 b	11,9 b
N	U1 <sub>27; 0</sub> **	11,6 ab	15,0 a
	U2 <sub>53; 0</sub>	12,6 a	15,6 a
Uréia	U3 <sub>79; 0</sub>	11,8 ab	15,3 a
	U4 <sub>106; 0</sub>	11,0 ab	14,5 a
N + Ca	UCC1 <sub>27; 23</sub>	12,4 a	15,5 a
	UCC2 <sub>53; 48</sub>	12,3 a	15,8 a
Uréia e CaCl <sub>2</sub>	UCC3 <sub>79; 71</sub>	11,8 ab	15,2 a
	UCC4 <sub>106; 95</sub>	11,8 ab	14,9 a
N + Ca	AL1 <sub>27; 23</sub>	12,5 a	16,0 a
	AL2 <sub>53; 48</sub>	11,8 ab	15,1 a
Adubo Líquido	AL3 <sub>79; 71</sub>	11,3 ab	14,7 a
	AL4 <sub>106; 95</sub>	11,9 ab	14,9 a

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

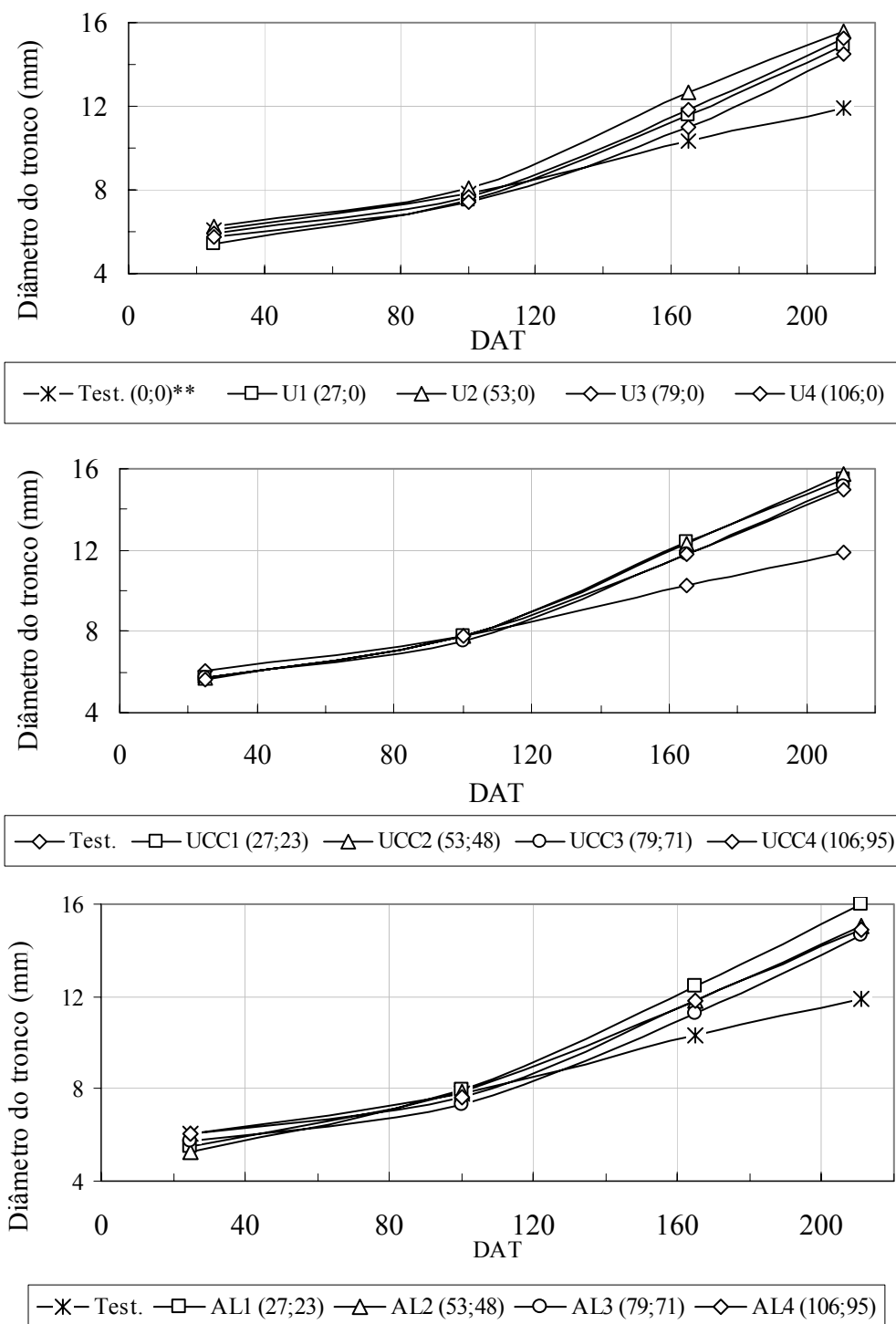


Figura 30 – Diâmetro médio do tronco (mm), para os tratamentos ao longo do período experimental. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Aos duzentos e quatorze dias após o transplântio das mudas, foi determinada a matéria seca de apenas um bloco experimental, devido à continuidade do experimento para coleta de dados de crescimento das plantas até o final do primeiro ano, por estagiário do Departamento de Engenharia da ESALQ/USP. A matéria seca foi medida separadamente por folhas, caules e raízes. Primeiro coletaram-se as folhas, depois, podaram-se os caules e, por último, lavou-se todo o solo contido no vaso deixando todo o sistema radicular exposto, e em seguida, separaram-se os troncos das raízes, sendo que todas as partes foram pesadas ainda úmidas e depois levadas à estufa de circulação forçada a 60°C para secagem do material. Após 48 horas, foram retirados da estufa e pesados novamente. Os resultados de matéria seca estão apresentados na Figura 31. Devido à continuidade do experimento só foi determinado o peso seco do bloco experimental número 1; com isso, não foi possível realizar análises estatísticas dos dados de matéria seca. A distribuição percentual da matéria seca acumulada nas diferentes partes das plantas é apresentada na Figura 32.

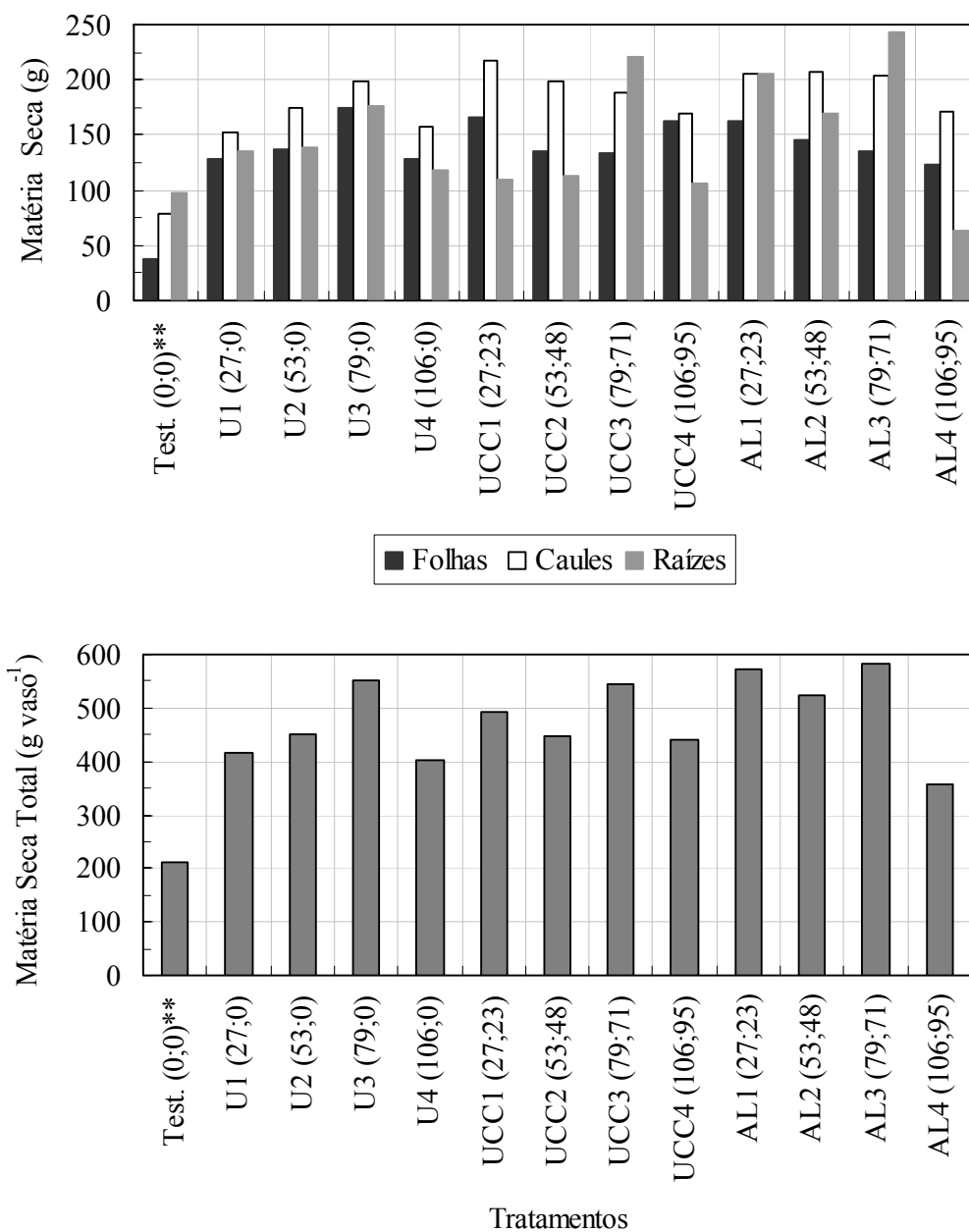


Figura 31 – Matéria seca das folhas, caules e raízes e total acumulado por planta nos tratamento aos 214 dias após o transplante das mudas (g planta<sup>-1</sup>). \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

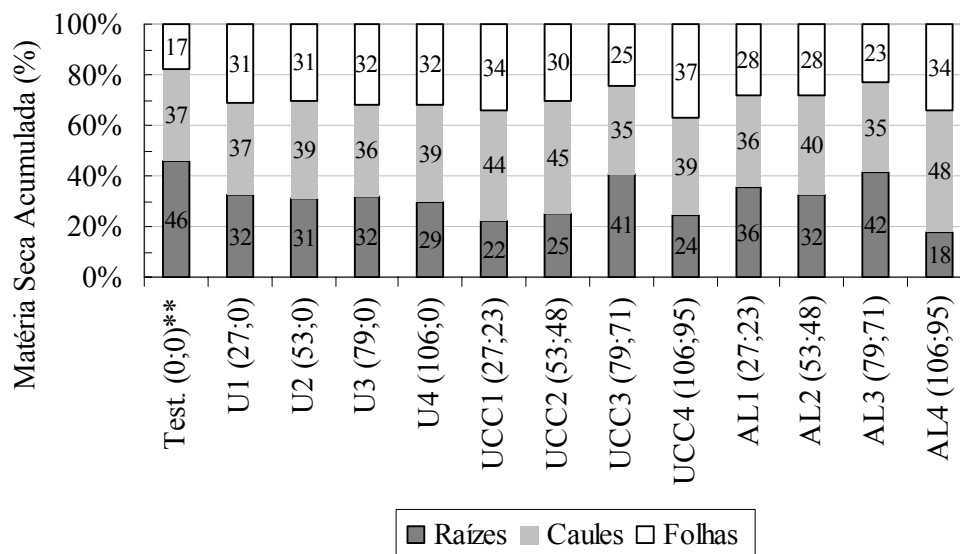


Figura 32 – Distribuição percentual da matéria seca acumulada em diferentes partes das plantas por tratamento aos 214 dias após o transplante. \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, ( $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )

Com os resultados preliminares de matéria seca das plantas de apenas um bloco experimental, não foi possível realizar uma análise estatística aos dados. As eficiências de uso do nitrogênio (EUN) foram calculadas em função da matéria seca produzida por tratamento em relação à da testemunha e à quantidade de N aplicada no tratamento (Equação 5). Os resultados de EUN para os tratamentos separados por folhas, caules e raízes são apresentados na Tabela 36.

Em duas datas distintas foram coletadas amostras de folhas para serem enviadas ao laboratório para determinação dos macronutrientes contidos nas folhas (25/11/03 e 20/02/04). Devido à carência de valores como referência para concentrações de macronutrientes e micronutrientes em folhas de mudas no primeiro ano de desenvolvimento, os resultados foram interpretados como folhas de ramos frutíferos de acordo com Quaggio et al. (1996). Os resultados estão apresentados na Tabela 37, sendo as letras que seguem os valores as interpretações.

Tabela 36. Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) para os valores de matéria seca das folhas, caules e raízes e do total aos 214 dias após o transplântio

Tratamentos	EUN (kg de MS kg de N aplicado <sup>-1</sup> )			
	Folhas	Caules	Raízes	Total
U1 <sub>27; 0</sub> **	8,27	6,66	3,42	18,34
U2 <sub>53; 0</sub>	4,55	4,32	0,91	9,78
U3 <sub>79; 0</sub>	4,15	3,62	2,42	10,18
U4 <sub>106; 0</sub>	2,05	1,76	0,50	4,31
UCC1 <sub>27; 23</sub>	11,70	12,60	1,14	25,43
UCC2 <sub>53; 48</sub>	4,45	5,45	0,74	10,64
UCC3 <sub>79; 71</sub>	2,93	3,32	3,74	9,98
UCC4 <sub>106; 95</sub>	2,83	2,07	0,22	5,12
AL1 <sub>27; 23</sub>	11,37	11,47	9,75	32,60
AL2 <sub>53; 48</sub>	4,94	5,83	3,27	14,03
AL3 <sub>79; 71</sub>	2,95	3,76	4,41	11,11
AL4 <sub>106; 95</sub>	1,93	2,09	-0,75	3,28

\*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Os valores de N nas folhas se mantiveram constantes para os tratamentos à base de N + Ca e de N. Na primeira amostragem, somente os tratamentos AL1<sub>27; 23</sub>, AL2<sub>53; 48</sub> e U1<sub>27; 23</sub> apresentaram valores adequados de N; os demais tratamentos apresentaram valores alto e excessivo. Na segunda amostragem aumentou o número de tratamentos classificados como adequados (AL1<sub>27; 23</sub>, AL4<sub>106; 95</sub>, UCC1<sub>27; 23</sub>, U1<sub>27; 23</sub> e U2<sub>53; 48</sub>) e os demais apresentaram valores altos e não mais excessivo.

As concentrações de fósforo (P) nas folhas aumentaram em todos os tratamentos de uma amostragem para a outra. Os resultados da primeira amostragem mostraram os tratamentos AL1<sub>27; 23</sub>, AL2<sub>53; 48</sub>, AL3<sub>79; 71</sub> e UCC2<sub>53; 48</sub> como adequados e os demais como altos, e na segunda amostragem todos os tratamentos à base de uréia foram classificados como excessivo, e os demais que receberam N e Ca foram classificados como altos.

Tabela 37. Resultados das análises de folhas para as duas datas de amostragem: 25/11/03 e 20/02/04. As letras mostram as interpretações dos resultados, sendo e (excessivo), a (alto), o (adequado), b (baixo) e d (deficiente)

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
	Data coleta 25/11/2003 (145 DAT*)					
TEST. <sub>0; 0</sub> **	18,6 d	1,6 o	29,3 e	19,4 d	2,3 b	1,7 b
AL1 <sub>27;23</sub>	24,9 o	1,5 o	23,2 e	22,3 b	2,1 b	1,9 b
AL2 <sub>53;48</sub>	25,5 o	1,6 o	22,2 e	24,4 b	2,1 b	2,2 o
AL3 <sub>79;71</sub>	32,5 e	1,7 o	21,2 e	22,0 b	2,8 a	2,8 a
AL4 <sub>106;95</sub>	32,2 e	1,9 a	20,1 e	21,4 b	2,5 o	2,0 o
UCC1 <sub>27;23</sub>	28,8 a	1,8 a	22,2 e	23,8 b	2,3 b	1,9 b
UCC2 <sub>53;48</sub>	29,7 a	1,7 o	21,9 e	20,1 b	2,2 b	2,2 o
UCC3 <sub>79;71</sub>	32,5 e	2,0 a	23,0 e	23,0 b	2,8 o	2,4 o
UCC4 <sub>106; 95</sub>	28,8 a	1,9 a	20,7 e	20,5 b	2,5 o	2,4 o
U1 <sub>27; 0</sub>	24,4 o	2,0 a	23,7 e	20,1 b	2,8 o	1,6 b
U2 <sub>53; 0</sub>	33,7 e	1,9 a	21,9 e	17,4 d	2,4 b	1,7 b
U3 <sub>79; 0</sub>	30,8 e	1,9 a	21,9 e	16,6 d	2,5 o	2,1 o
U4 <sub>106; 0</sub>	30,9 e	1,9 a	24,7 e	19,8 d	2,5 o	2,2 o
	Data coleta 20/02/2004 (232 DAT*)					
TEST. <sub>0; 0</sub> **	16,2 d	3,3 e	38,0 e	18,5 d	9,0 e	3,1 a
AL1 <sub>27;23</sub>	24,9 o	3,0 e	25,0 e	17,8 d	8,6 e	2,0 o
AL2 <sub>53;48</sub>	28,4 a	2,8 a	23,0 e	22,5 b	8,8 e	2,7 a
AL3 <sub>79;71</sub>	28,0 a	2,8 a	21,2 e	20,2 b	9,0 e	2,6 a
AL4 <sub>106;95</sub>	26,2 o	2,5 a	21,2 e	25,0 b	8,5 e	2,8 a
UCC1 <sub>27;23</sub>	26,6 o	2,7 a	26,8 e	18,3 d	8,8 e	2,7 a
UCC2 <sub>53;48</sub>	28,1 a	2,7 a	24,0 e	23,3 b	8,5 e	2,9 a
UCC3 <sub>79;71</sub>	29,3 a	2,9 a	20,1 e	22,9 b	8,5 e	2,6 a
UCC4 <sub>106; 95</sub>	27,9 a	2,8 a	21,9 e	20,3 b	8,8 e	2,1 o
U1 <sub>27; 0</sub>	24,2 o	3,0 e	27,8 e	17,5 d	9,1 e	2,3 o
U2 <sub>53; 0</sub>	26,2 o	3,0 e	25,0 e	15,1 d	8,9 e	2,5 o
U3 <sub>79; 0</sub>	30,0 a	2,9 e	25,2 e	15,8 d	9,1 e	2,1 o
U4 <sub>106; 0</sub>	27,0 a	2,9 e	21,9 e	16,5 d	8,6 e	1,8 b

\* Dias após o Transplântio, \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Com relação aos resultados de potássio nas folhas, este aumentou em todos os tratamentos da primeira para a segunda amostragem. Todos os tratamentos foram

classificados como excessivo, porém observa-se que os tratamentos analisados não apresentaram valores tão altos quanto os apresentados pelas testemunhas, 29 e 38, respectivamente, para a 1º e 2º amostragem.

Na maioria dos tratamentos, os valores de cálcio diminuíram entre a primeira e a segunda amostragem, exceto nos tratamentos AL4<sub>106; 95</sub> e UCC2<sub>27; 23</sub>. Na primeira amostragem, todos os tratamentos apresentaram valores classificados como baixo e os tratamentos U2<sub>53; 48</sub>, U3<sub>79; 71</sub>, U4<sub>106; 95</sub> e testemunhas apresentaram resultados deficientes. Já na segunda amostragem, os tratamentos classificados como deficiente foi o AL1<sub>27; 23</sub>, a testemunha e os quatro tratamentos à base de uréia. A quantidade de cálcio existente na planta cítrica está diretamente relacionada com a quantidade de cálcio suprida pelo solo. Todos os resultados obtidos para Ca foram inferiores ao valor de 35g kg<sup>-1</sup> que, segundo Quaggio et al. (1996) estão na faixa de teores considerada baixa, como se observa nos resultados das análises de folhas da Tabela 39. Entretanto, deve-se lembrar que devido ao crescimento rápido das mudas cítricas, existem sempre folhas novas, nas quais ainda não houve tempo para o acúmulo de cálcio. Por essa razão, esses teores inferiores aos encontrados em ramos com 6 a 8 meses de idade para plantas adultas não caracterizam que as plantas sofreram com deficiência de cálcio.

A maioria dos tratamentos apresentou valores de magnésio nas folhas classificados como baixo e adequado na primeira amostragem; porém, na segunda amostragem, todos os valores foram classificados como excessivos.

Os resultados de enxofre (S) nas folhas apresentaram aumento na maioria dos tratamentos; apenas os tratamentos AL3<sub>79; 71</sub>, UCC4<sub>106; 95</sub>, U3<sub>79; 71</sub> e U4<sub>106; 95</sub> apresentaram redução nos valores entre a 1º e a 2º amostragem. Os tratamentos apresentaram valores classificados com baixo e adequado na primeira amostragem, e passaram a valores considerados adequados a alto.

Depois de obtidos os resultados das análises de folhas, foram calculadas as seguintes relações fisiológicas entre os elementos minerais analisados (N/P; N/K; N/S; P/Mg; K/Ca; K/Mg e Ca/Mg). Quando a amostragem de folhas é feita em época tradicional, ou seja, 3ª e 4ª folha a partir do fruto, gerada na primavera e com cerca de 6 meses, Malavolta et al. (1994) recomendam como guia geral os valores das relações

fisiológicas adequados citados na Tabela 38. Os resultados das relações fisiológicas estão apresentados na Tabela 40 para as duas datas de amostragem 25/11/03 (145 DAT) e 20/02/04. (232 DAT).

Tabela 38. Relações fisiológicas dos nutrientes medidos na análise foliar para as duas datas de amostragem: 25/11/03 e 20/02/04

Relações	N/P	N/K	N/S	P/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Data coleta 25/11/2003 (145 DAT*)							
Tratamentos							
U1 <sub>27; 0</sub> **	12,2 -***	1,03 -	15,3 +	0,71 +	1,18 +	8,46 +	7,18 -
U2 <sub>53; 0</sub>	17,7 a	1,54 -	19,8 +	0,79 +	1,26 +	9,13 +	7,25 -
U3 <sub>79; 0</sub>	16,2 a	1,41 -	14,7 +	0,76 +	1,32 +	8,76 +	6,64 -
U4 <sub>106; 0</sub>	16,3 a	1,25 -	14,0 +	0,76 +	1,25 +	9,88 +	7,92 -
UCC1 <sub>27; 23</sub>	16,0 a	1,30 -	15,2 +	0,78 +	0,93 +	9,65 +	10,35 -
UCC2 <sub>53; 48</sub>	17,5 a	1,36 -	13,5 +	0,77 +	1,09 +	9,95 +	9,14 -
UCC3 <sub>79; 71</sub>	16,3 a	1,41 -	13,5 +	0,71 +	1,00 +	8,21 +	8,21 -
UCC4 <sub>106; 95</sub>	15,2 a	1,39 -	12,0 a	0,76 +	1,01 +	8,28 +	8,20 -
AL1 <sub>27; 23</sub>	16,6 a	1,07 -	13,1 +	0,71 +	1,04 +	11,05 +	10,62 -
AL2 <sub>53; 48</sub>	15,9 a	1,15 -	11,6 a	0,76 +	0,91 +	10,57 +	11,62 -
AL3 <sub>79; 71</sub>	19,1 a	1,53 -	11,6 a	0,61 a	0,96 +	7,57 +	7,86 -
AL4 <sub>106; 95</sub>	16,9 a	1,60 -	16,1 +	0,76 +	0,94 +	8,04 +	8,56 -
Test. <sub>0; 0</sub>	11,6 -	0,63 -	10,9 a	0,70 a	1,51 +	12,74 +	8,43 -
Data coleta 20/02/2004 (232 DAT*)							
U1 <sub>27; 0</sub> **	8,1 -	0,87 -	10,5 a	0,33 -	1,59 +	3,05 -	1,92 -
U2 <sub>53; 0</sub>	8,7 -	1,05 -	10,5 a	0,34 -	1,66 +	2,81 -	1,70 -
U3 <sub>79; 0</sub>	10,3 -	1,19 -	14,3 +	0,32 -	1,59 +	2,77 -	1,74 -
U4 <sub>106; 0</sub>	9,3 -	1,23 -	15,0 +	0,34 -	1,33 +	2,55 -	1,92 -
UCC1 <sub>27; 23</sub>	9,9 -	0,99 -	9,9 a	0,31 -	1,46 +	3,05 a	2,08 -
UCC2 <sub>53; 48</sub>	10,4 -	1,17 -	9,7 a	0,32 -	1,03 +	2,82 -	2,74 -
UCC3 <sub>79; 71</sub>	10,1 -	1,46 -	11,3 a	0,34 -	0,88 +	2,36 -	2,69 -
UCC4 <sub>106; 95</sub>	10,0 -	1,27 -	13,3 +	0,32 -	1,08 +	2,49 -	2,31 -
AL1 <sub>27; 23</sub>	8,3 -	1,00 -	12,5 a	0,35 -	1,40 +	2,91 -	2,07 -
AL2 <sub>53; 48</sub>	10,1 -	1,23 -	10,5 a	0,32 -	1,02 +	2,61 -	2,56 -
AL3 <sub>79; 71</sub>	10,0 -	1,32 -	10,8 a	0,31 -	1,05 +	2,36 -	2,24 -
AL4 <sub>106; 95</sub>	10,5 -	1,24 -	9,4 -	0,29 -	0,85 +	2,49 -	2,94 -
Test. <sub>0; 0</sub>	4,9 -	0,43 -	5,2 -	0,37 -	2,05 +	4,22 a	2,06 -
Faixa adequada	14-22	1,7-2,6	9,6-13	0,4-0,7	0,25-0,4	3,3-5,6	12-16

\* Dias após o Transplântio, \*\* Doses de N e Ca, respectivamente, (g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), \*\*\*Identificação dos resultados: (-) abaixo do adequado, (a) adequado e (+) superior ao adequado.

## **5 CONCLUSÕES**

### **Experimento I**

O consumo de água pelas plantas de lima ácida ‘Tahiti’ sob o porta-enxerto Citrumelo Swingle com 1 ano e meio de idade e fração de área molhada média (P) de 4% variou de 2 a 3,5L dia<sup>-1</sup> e a evapotranspiração da cultura variou de 3 a 5mm dia<sup>-1</sup>.

Os resultados da relação entre evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência foi de 1,0 a 1,9 para ETc/ETo (evaporação do classe A), e 0,6 a 1,1 para ETc/ETo (Penman Monteith).

O método do lisímetro poroso apresentou-se como método prático para medidas de consumo de água pelas plantas devido à simplicidade de instalação em plantas de diversos portes e custo reduzido em relação aos equipamentos eletrônicos.

### **Experimento II**

A inclusão dos elementos Ca, Zn, B, e S na solução de N, P e K (Tratamento T3) promoveu aumento na absorção de água e nutrientes de 48% quando comparada à testemunha e a aplicação de apenas os elementos N, P e K (Tratamento T2) foi superior à testemunha em 9%, conforme hipótese A inicialmente proposta no trabalho.

O consumo de solução do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B, e S) foi superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 35%.

A metodologia do lisímetro poroso apresentou resultados satisfatórios na medição do consumo de água pelas plantas adultas, viabilizando a realização de estudos referentes à absorção de água e nutrientes em uma mesma planta, evitando, assim, erros devidos à variabilidade de consumo existente entre plantas.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, com fração de área molhada em relação ao espaçamento de plantio de 5% e em relação a projeção da copa da planta de 13%, o consumo médio de água pelas plantas foi de 30 e 35L dia<sup>-1</sup> para as plantas 1 e 2, respectivamente.

### **Experimento III**

A aplicação de N e Ca via fertirrigação não promoveu aumento nos valores de consumo de água pelas plantas, contrariando a hipótese B inicialmente proposta.

As menores doses de N e Ca proporcionaram os maiores valores de área foliar. O tamanho médio das folhas não foi alterado pelo N e Ca.

Os valores de altura das plantas e diâmetro do tronco não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGO, L.G. Rootstocks affect 'Valencia' orange fruit quality and water balance. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, v.1, p. 62-65, 1977.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines** for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56)

ALOISI SOBRINHO, J. **Micronutrientes**. São Paulo: Estação Experimental de Pindorama, 1977. 11 p.

ALVA, A.K.; MOZAFFARI, M. Nitrate leaching in a deep sandy as influenced by dry broadcast or fertigation of nitrogen for citrus production. In: DAHLIA INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERTIGATION, Negev, 1995 Technion - Israel Institute of Technology Haifa. **Proceedings**. Negev: Technion - Israel Institute of Technology Haifa, 1995. p.67-77.

ALVES JÚNIOR, J.; CAMPECHE, L.F.S.; COELHO FILHO, M.A.; SILVA, C.R.; SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V. Determinação da evapotranspiração da cultura de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) e estimativa do coeficiente de cultivo (kc) e cobertura do solo (kr) no período de formação das plantas. (compact disc) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., Goiânia, 2003. **Anais**. Goiânia: SBEA, 2003.

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura**. Trad. de H.R.Gheyi et al.; Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BAÑULS, J.; PRIMO-MILLO, E. Effects of salinity on some *Citrus* scion – rootstock combinations. **Annals of Botany**, v.76,p.97-102, 1995.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BIELORAI, H. The effect of partial wetting of the root zone on yield and water use efficiency in a drip and sprinkler-irrigated mature grapefruit grove. **Irrigation Science**. 3, p.89 -100, 1982.
- BIGGI, E. **Os citros**. Campinas: o autor, 1986. 232 p.
- BLANCO, F.F. Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta. Piracicaba, 2004, 115p. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BOMAN, B.J. Fertigation *versus* conventional fertilization of flatwoods grapefruit. **Fertilizer Research**, n.44, p.123-28, 1996.
- BROWN, T.W.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 85-101, 1997.
- CAMARGO, A.P. de; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.

- CASTEL, J.R. Evapotranspiration of drip-irrigated clementine citrus tree a weighing lysimeter. **Acta Horticulture**, n.449, p.91-98, 1997.
- CASTLE, W.S.; KRESORN, A. H. Effects of citrus rootstock on root distribution and leaf mineral content of 'Orlando' tangelo trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 100, p. 1-4, 1975.
- CASTLE, W.S.; KRESORN, A. H. Soil water use and apparent root efficiencies of citrus trees on four rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 12, p. 403-406, 1977.
- CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; KRESORN, A.H.; YOUTSEY, C. **Rootstocks for Florida citrus**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, 1989. 47 p.
- CASTRO, P.R.C. Comportamento dos citrus sob déficit hídrico. **Laranja**, v. 2, n. 15, p.139-154, 1994.
- CHAPOT, H. The citrus plant. In: HÄFLIGER, E. (Ed). **"Citrus"**. Basel: Ciba Geigy, 1975. p. 6-13. (Technical Monography, 4).
- COELHO FILHO, M. A. Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* TANAKA). Piracicaba, 1998, 152p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; VILLA NOVA, N.A.; COELHO, E.F. Avaliação de métodos diretos e indiretos na estimativa de área foliar em árvores de lima ácida 'Tahiti'. (compact disc) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13, Juazeiro, 2003. **Anais**. Juazeiro: ABID, 2003.

- CORRENTE, J.E.; NOGUEIRA, M.C.S.; COSTA, B.M. Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.407-412, 2001.
- COWAN, I.R. Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Physiological plant ecology**. II. Water relations and carbon assimilation. Berlin: Springer Verlag, 1982. p. 589-613. (Encyclopedia of Plant Physiology, v. 12B).
- CRUZ, A.C.R. Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo. Piracicaba, 2003. 92p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo
- CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; SOARES FILHO, W.S.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F.; DIAS, A.T.; PAES, R.A. Influência da salinidade sobre o crescimento do limoeiro ‘Cravo’ (compact disc) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., Belém, 2002. **Anais**. Belém: SBF, 2002.
- DASBERG, S.; BAR-AKIVA, A.; SPAZINSKY, S.; COHEN, A. Fertigation versus broacasting in na orange grove. **Fertilizer Research**, v.15, p.147-54,1988.
- DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. **Citrus**. 2.ed. Florida: CABI Publishing, 1994. 254p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1979. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1977 194p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 24).

- DOWTON, W.J.S.; LOVEYS, B.R.; GRANT, W.J.R. Non-uniform stomatal closure induced by water stress cause putative non-stomatal inhibition of photosynthesis. **New Phytology**, v. 110, p. 503-509, 1988.
- DUENHAS, L. H. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seu efeito sobre a produtividade e qualidade de frutos de laranja (*citrus sinensis* Osbeck) variedade valência. Botucatu, 2001. 63p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, "Júlio de Mesquita Filho".
- EMBLETON, T.W.; WALLIHAN, E.F.; GOODALL, G.E. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. **American Society for Horticultural Science Proceedings**, v. 86, p.253-259, 1965.
- FAVETTA, G.M. A escolha do equipamento de irrigação mais adequado. **Laranja**, v.19, n. 2, p.331-342, 1998.
- FARES, A.; ALVA, A.K. Estimation of citrus evapotranspiration by soil water mass balance **Soil Science**, v. 164, p.302-310, 1999.
- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G.C., BOARETTO, A.E. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.227-260.
- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; DOURADO NETO, D. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ- Departamento e Engenharia Rural, 1994. 35p. (Série didática n. 8).

- GIORGI DI, F.; YASUHIRO, B.; KELSON DIB, I.; MARCHI, R. J.; TRIBONI, H, R.; WAGNER, R. L.; ANDRADE, G. Influência climática na produção de laranja. **Laranja**, v.1, n. 12, p. 163-192, 1991.
- GOELL, A. Fisiologia da irrigação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 2. Bebedouro, 1992. **Anais**. Bebedouro: Fundação Cargil 1992. p. 173-181.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: O autor, 2000. 477p.
- GREEN, S.R.; CLOTHIER, B.E.; McLEOD, D.J. The response of sap flow in apple roots to localized irrigation. **Agricultural Water Management** v.33, p. 63-78, 1997.
- GREEN, S.R.; CLOTHIER, B.E. Root water uptake by kiwifruit vines following partial wetting of the root zone. **Plant & Soil** v.173, p. 317-328, 1995.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. **Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. Cordeirópolis; 1994. 27p. (Edição Especial).
- GUARDIOLA, J.L. Frutificação e crescimento. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS-FISIOLOGIA. 2., Campinas, 1992. Fundação Cargill. SP, p.3-26.
- HALE, M.G.; ORCUTT, D. M. **The physiology of plants under stress**. New York: John Willey, p. 26-43, 1987. 206p.
- HERNANDEZ, F.B.T. Potencialidades da fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.215-226.

- HILGEMAN, R. H. Response of citrus trees to water stress in arizona. Fertilizing through drip irrigation systems on orange trees. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, v. 1, p. 70 -74, 1977.
- HILGEMAN, R. H.; VAN HORN, C.W. **Citrus growing in Arizona**. Tucson: Arizona Agricultural Experimental Station, 1954. 35p. (Bulletin,258).
- HOOFFMAN, J.W.; OSTER, J.D.; ALVES, W.J. Evapotranspiration of mature orange trees under drip irrigation in an arid climate. **Transactions of the ASAE**, v.25, p.992-996, 1982.
- INTRIGLIOLO, F.; ROCCUZO, G. **Improved crop quality by nutrient management**. 1.ed. Paris: G.; ANAC, D.; MARTIN-PREVEL, P, 1999, 330p.
- KALMA, J.D.; TANHILL, G. The climate of an orange orchad: physical characteristics and microclimate relationships. **Agricultural Meteorology**, v.10, p.185-201, 1972.
- KAUFMANN, M. R. Citrus a case study of enviromental effects on plant water relations. **Proceedings of the International Society of Citriculture**. v.1, p. 1977.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinker and tricle irrigation**. New York: An Avi Book, 1990. 652p.
- KHAIRI, M.M.A.; HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosyntesis and transpiration of citrus. **Phisiologia Plantarum**, v. 36, p. 29-34, 1976.
- KHERA, A.P.; SINGH, H.K.; DAULTA, B.S. Correcting micro-nutrients deficiency in citrus cv. *Blound Red*. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, v.9, p.27-29, 1985.

- KOO, R.C.J. **Evapotranspiration and soil moisture determination as guides to citrus irrigation.** Alachua: Florida Agricultural Experimental Station, 1958. 232p. (Annual Report).
- KOO, R.C.J.; HURNER, G.T. Irrigation requirements of citrus grown on Lakewood fine sand. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society.** v.82, p.69-72, 1969.
- KOO, R.C.J.; SMAJSTRLA, A. G. Effects of trickle irrigation methods and amounts of water applied on citrus yields. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society.**v. 97; p. 3-7, 1984.
- KOO, R.C.J., YOUNG, T.W., REESE, R.L., KESTERTON, J.W. Effects of nitrogen, potassium, and irrigation on yield and quality of lemon. **Journal of American Society for Horticultural Science.** v.99, n.4, p. 289-91, 1974.
- KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H. D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T., **Water deficits and plant growth, VI. Woody plant communities.**, New York: Academic Press 1981. p. 325-418
- LABOREM, E.G.; WAGNER, M.; REYES, F. Proline concentration as an indicator of water deficit in three citrus rootstocks. **Fruits**, v.46, n. 3, p. 259-264, 1991.
- LEVY, Y.; LIFSHITZ, J.; MALACH, Y de; DAVID, Y. The response of several Citrus genotypes to high-salinity irrigation water. **HortScience**, v. 34, n. 5, p.8787-881, 1999.
- LOPEZ, C.C. Fertirrigacion: Aspectos basicos. In: LOPEZ, C.C. Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: Mundi-Prensa, 1998. p. 63-80.

- MAAS, E.V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, v. 12,p.195-216, 1993.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE**, v.103, n IR2, p.115-134, 1997.
- MACHADO, C.C. Influência da irrigação localizada na absorção de água do porta-enxerto limão ‘Cravo’, em plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’. Piracicaba, 2000, 92p., Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MACHADO, E.C.; LAGÔA, A.M.M.A.. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v. 53, p. 141-149, 1994.
- MAGALHÃES, A.C. Considerações sobre a fisiologia do sistema radicular: o caso das plantas cítricas. **Laranja**, v.2, n.9, p.401-404, 1988.
- MALAVOLTA, E. **Cultura dos citros**. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato, 1979. 122p. (Boletim Técnico, 5)
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação dos citrus. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUTIVIDADE DOS CITRUS, 1, **Anais**. Jaboticabal: FUMEP, 1985. p. 165-190.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricional no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E.; MOREIRA, A.; LEÃO, H.C. Nutrição e adubação dos citros: produção, qualidade e doenças. (compact disc). In. SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA PRODUÇÃO

- SUSTENTÁVEL DE CITROS, Piracicaba, 2000. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 2000.
- MALAVOLTA, E., PRATES, H. S.; CASALE, H.; LEÃO, H. C. **Seja doutor dos seus citros**. Piracicaba: POTAFOS. 1994. 38p. (Informações Agronômicas, 65)
- MALAVOLTA, E., VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 153p.
- MARCONDES, P. T. S. Manejo do florescimento e da produção da lima ácida ‘Tahiti’ com reguladores de crescimento e derriça. Cruz das Almas, EAUFBA, 1991. 52p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia da Universidade da Bahia..
- MARCONDES, P.T.S.; COELHO, Y.S. Manejo da florada da lima ácida ‘Tahiti’ com reguladores de crescimento e desbaste manual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14.Curitiba, 1996. **Resumos**. Curitiba: SBF/IAPAR, 1996. p.139.
- MARSH, A. W. **The Citrus Industry**.3.ed. California: University of California, V. 3, p. 1968. 388p.
- MOREIRA, C. S. Manejo de solo em pomar cítrico. **Laranja**, v.2, n. 9, p. 423-436, 1988.
- MORESHET, S.; COHEN, Y.; FUCHS, M. Response of mature “Shamouti” orange trees to irrigation of different soil volumes and similar levels of available water. **Irrigation Science**, v. 3, p. 223-236, 1983.
- OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Livraria Nobel, 1984. 267p.

- OPPENHEIMER, H.R. Injurious salts and the ash composition of fruit trees. **Hadar**, v.10, p.3-16, 1937
- ORPHANOS, P.I., ELIADES, G. Nitrogen fertigation of Valencia orange irrigated by drip or minisprinkler. **Acta Horticulturae**. N.365,p.105-120, 1994.
- ORTOLANI, A.A.; PEDRO Jr., M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o de citros. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr., J.; AMARO A. A. (Ed.) **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 153-195.
- PADILLA, W. El uso de la fertirrigacion em cultivos de flores em latinoamerica. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p 355-84.
- PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-169.
- PELISER, O.; KOLLER, O.C.; ANGHINONI, I. Rendimento e qualidade de frutos da laranjeira Valência submetida à adubação com magnésio, manganês, zinco e boro no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.15, p. 55-61, 1993.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**. Series A, v.193, p. 120-146, 1948.
- PIZARRO,F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 471 p.

- POMPEU Jr., J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr., J.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 265-280
- PONI, S.T., SCUDELLARI, D.N., TOSELLI, M. Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees. **Science Horticultural**, v.52, p.223-236, 1992.
- QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Micronutrientes para frutíferas tropicais. In FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura**. Jaboticabal: CNPq;Fapesp;Potafos, 2001. p. 459-491.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.van; PIZA JÚNIOR, C.L. Frutíferas. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.119-52, (Boletim Técnico, 100).
- REEVE, J.O.; FURR, J.R. Evaporation from a shallow black pan evaporimeter as an index of oil moisture extraction by mature citrus trees. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.39, p. 125-132, 1941.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole,1990 181 p.
- RODRIGUEZ, O. Aspectos fisiológicos, nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO,A.A. **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.419-75.

- ROGERS, J.S.; ALLEN, L.H.; CALVERT, D.V. Evapotranspiration from a humid-region developing citrus grove with grass cover. **Transactions of the ASAE**, v.26, n.6, p.1778-1783, 1983.
- ROMERO-ARANDA, R.; SYVERTSEN, J.P. The influence of foliar-applied urea nitrogen and salina solutions on net gas exchange of Citrus leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 121, n.3,p.501-506, 1996.
- SALOMÃO, H. Fertirrigação em citrus. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 385-92.
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** v.4, n.1, p i-xii,1996.
- SINCLAIR, T.R.; ALLEN Jr, Carbon dioxide and water vapour exchange of leaves on field-grown citrus trees. **Journal of Experimental Botany**, v. 33, p. 1166-1175, 1982.
- SORIA, L.G.T. Produtividade do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada. Piracicaba, 2002. 170p., Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- STEVENS Jr, G.A.; WESTWOOD, M.N. Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry as affected by rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v.61, p. 464-468,1984.

- STOREY, R.; WALKER, R.R. Citrus and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78,p.39-81, 1999.
- TAN, C.S.; BUTTERY, B.R. The effect of soil moisture stress to various fractions of the root system on transpiration, photosynthesis, and internal water relations of peach seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v.107. p. 845-849, 1982.
- TEDESCO, M. **Princípios básicos de fertilidade do solo**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1976. 196p.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology,. 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v.3., n.1)
- TOMLINSON, I.R.; COETZEE, K. Can fertigation influence fruit quality? **Neltropika Bulletin**, n.296, p.7-9, 1997.
- TRANI, P.E.; HIROCE, W.L.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar, amostragem e interpretação**. Campinas. Fundação Cargill, 1983. 18p.
- TUBELIS, A.; SABLE, A. A. Efeito da chuva na produtividade da cultura de laranja 'Baianinha'. **Laranja**, v. 1, n. 12, p. 141-156, 1991.
- VAN BAVEL, C.H.M.; NEWMAN, J.E.; HILGEMAN, R.H. Climate and estimated water use by an orange orchard. **Agricultural Meteorology**, v.126, p.1-13,1966.

- VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Localized irrigation**. Rome: FAO, 1980. 184p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 36).
- VIEIRA, D. B. Fertirrigação e manejo de irrigação em citros. **Laranja**. v.9, p.370-72,1988.
- VIEIRA, D. B.; RIBEIRO T. A. Estudos de parâmetros básicos de irrigação do limão ‘Tahiti’ (*Citrus limonia* Osbeck) sob microaspersão. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., Ilhéus, 1993. **Anais**. Ilhéus: SBEA;CEPLAC, v 4, 1993. p.2328-2339.
- VIVANCOS, A.D. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi Prensa,1993.217p.
- WUTSCHER, K.H.; BISTLINE, F. W.. Performance of ‘Hamlin’ orange on 30 citrus rootstocks in southern Florida. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 113, p. 493-497, 1988.
- YANG, S.L.; YANO, T.; AYDIN, M.; KITAMURA, Y.; TAKEUCHI, S. Short term effects of saline irrigation on evapotranspiration from lysimeter-grown Citrus trees. **Agricultural Water Management**, v.56, p.131-141, 2002.
- YELENOSKY, G. Response and adaptation of citrus trees to enviromental stresses. **Israel Jornal of Botany**, v. 40, p. 239-250, 1991.
- ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C.; SILVA, J.A.A. **Irrigação em citros**. Jaboticabal: Funep, 1998. 35p.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L.R. Salinity tolerance of citrus rootstocks: effects of salt on root and leaf mineral concentration. **Plant and Soil**, v. 147, p. 171-181,1992.

ZEKRI, M.; PARSONS, L.R. Grapefruit leaf and fruit growth in response to drip, microsprinkler, and overhead sprinkler irrigation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.1, n.114, p.25-29, 1989.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1 - Consumo de água diário no Experimento I nas 3 plantas estudadas

Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3
L dia <sup>-1</sup>			L dia <sup>-1</sup>				
11/mar	5,87	4,23	3,16	15/abr	1,52	2,35	2,49
12/mar	1,25	1,19	4,85	16/abr	1,89	2,88	3,12
13/mar	2,42	1,82	6,33	17/abr	2,22	3,68	4,04
14/mar	3,79	0,89	2,59	18/abr	5,34	3,81	4,11
15/mar	2,95	1,36	1,13	19/abr	2,92	4,34	4,51
16/mar	3,15	1,13	0,99	20/abr	5,14	4,71	5,04
17/mar	4,10	3,08	1,29	21/abr	1,66	1,99	4,64
18/mar	4,57	3,61	1,09	22/abr	1,69	1,13	4,24
19/mar	2,52	1,52	1,23	23/abr	1,56	1,36	2,88
20/mar	2,42	1,56	1,36	24/abr	2,02	1,46	2,85
21/mar	1,96	1,43	1,33	25/abr	2,32	1,91	3,41
22/mar	1,46	0,93	0,96	26/abr	2,98	4,09	3,60
23/mar	1,96	2,25	1,92	27/abr	2,75	1,82	4,11
24/mar	0,61	0,63	1,48	28/abr	2,42	1,26	2,29
25/mar	0,75	0,86	1,01	29/abr	2,68	1,64	4,01
26/mar	0,83	1,92	2,59	30/abr	3,68	3,46	3,26
27/mar	1,23	1,96	2,22	1/mai	2,76	2,46	3,31
28/mar	1,62	2,78	2,19	2/mai	1,66	1,92	2,09
29/mar	1,99	3,33	2,62	3/mai	1,89	2,06	2,98
30/mar	2,06	3,07	2,65	4/mai	3,88	2,09	2,59
31/mar	0,56	2,98	3,25	5/mai	2,19	1,52	1,62
1/abr	2,29	2,03	2,20	6/mai	2,35	2,15	2,59
2/abr	2,85	4,14	4,87	7/mai	2,85	2,15	2,65
3/abr	3,55	3,48	4,47	8/mai	4,81	2,65	2,78
4/abr	3,22	1,13	2,68	9/mai	1,82	1,36	1,72
5/abr	2,95	1,21	2,12	10/mai	2,20	0,66	0,91
6/abr	4,24	1,54	3,28	11/mai	3,53	0,88	1,18
7/abr	4,18	1,59	3,15	12/mai	1,96	0,75	1,66
8/abr	3,15	1,33	2,32	13/mai	3,68	1,43	2,15
9/abr	4,04	1,46	2,62	14/mai	5,57	1,46	2,85
10/abr	1,59	1,72	1,39	15/mai	1,96	1,62	3,25
11/abr	2,32	2,29	2,12	16/mai	2,25	1,76	3,15
12/abr	0,66	2,22	1,99	17/mai	5,34	1,36	2,35
13/abr	1,52	2,82	2,45	18/mai	2,45	1,89	3,61
14/abr	1,82	3,48	3,05	19/mai	2,55	1,76	2,09

Apêndice 1 - Consumo de água diário no Experimento I nas 3 plantas estudadas

Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3
	L dia <sup>-1</sup>				L dia <sup>-1</sup>		
20/mai	2,02	0,73	0,66	26/jun	2,77	1,52	2,67
21/mai	1,66	0,60	0,73	27/jun	3,83	1,52	2,50
22/mai	1,59	0,56	0,66	28/jun	2,32	1,86	3,48
23/mai	1,26	0,53	0,70	29/jun	1,31	2,22	2,49
24/mai	1,82	1,03	1,62	30/jun	5,05	2,02	2,24
25/mai	1,56	1,86	3,02	1/jul	2,60	1,78	2,30
26/mai	2,22	1,29	1,92	2/jul	5,02	2,65	3,48
27/mai	2,49	2,12	3,12	3/jul	0,76	0,89	1,52
28/mai	1,69	1,26	2,09	4/jul	1,08	0,99	2,42
29/mai	2,02	0,66	1,39	5/jul	1,24	1,06	3,15
30/mai	2,35	0,89	2,09	6/jul	1,86	1,19	3,58
31/mai	1,06	0,83	1,49	7/jul	1,16	0,83	1,47
1/jun	2,52	1,41	2,08	8/jul	1,59	1,31	2,73
2/jun	2,25	1,16	1,92	9/jul	1,57	1,24	2,02
3/jun	1,69	1,19	2,12	10/jul	1,87	1,19	3,61
4/jun	1,76	1,26	2,29	11/jul	1,82	1,26	2,78
5/jun	2,19	1,59	3,18	12/jul	1,13	0,73	1,19
6/jun	2,98	1,99	4,74	13/jul	1,06	0,86	1,28
7/jun	2,02	1,49	3,81	14/jul	1,16	1,13	0,81
8/jun	3,91	2,64	3,10	15/jul	2,02	1,79	1,39
9/jun	2,49	1,84	2,01	16/jul	2,92	2,15	1,96
10/jun	5,27	2,12	2,40	17/jul	2,92	2,02	1,96
11/jun	3,71	2,42	2,70	18/jul	3,15	1,96	2,19
12/jun	3,51	2,35	2,22	19/jul	1,96	1,79	1,56
13/jun	5,17	4,11	2,31	20/jul	3,78	2,42	2,65
14/jun	2,45	2,02	1,77	21/jul	3,31	2,19	2,59
15/jun	2,72	3,48	2,29	22/jul	1,19	0,80	1,09
16/jun	1,33	2,15	2,92	23/jul	1,29	0,86	1,13
17/jun	2,29	2,88	3,35	24/jul	3,08	2,19	2,42
18/jun	0,96	0,83	1,39	25/jul	1,92	1,66	2,22
19/jun	1,96	0,86	1,62	26/jul	1,86	1,39	1,89
20/jun	1,99	1,06	1,26	27/jul	1,52	1,13	1,66
21/jun	3,03	1,46	1,03	28/jul	1,89	1,59	3,75
22/jun	1,84	1,03	0,99	29/jul	1,72	1,26	5,24
23/jun	2,06	1,23	1,09	30/jul	2,15	1,69	2,09
24/jun	1,59	0,96	0,99	31/jul	2,68	2,06	4,84
25/jun	2,59	1,46	2,68	1/ago	2,07	1,52	2,38

Apêndice 1 - Consumo de água diário no Experimento I nas 3 plantas estudadas

Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3
	L dia <sup>-1</sup>				L dia <sup>-1</sup>		
2/ago	0,63	0,60	0,80	8/set	2,19	1,49	1,86
3/ago	1,99	0,40	0,70	9/set	1,72	2,39	1,86
4/ago	1,89	1,16	1,23	10/set	1,46	1,86	2,29
5/ago	2,29	1,62	2,32	11/set	1,52	2,19	2,75
6/ago	2,72	2,02	2,59	12/set	1,16	2,29	2,98
7/ago	2,92	2,02	2,88	13/set	1,43	2,52	3,31
8/ago	3,84	2,59	1,99	14/set	1,43	1,76	2,22
9/ago	4,74	2,72	3,38	15/set	2,68	2,22	3,15
10/ago	4,21	3,08	2,59	16/set	2,12	2,95	5,63
11/ago	4,38	3,68	2,65	17/set	3,02	1,76	5,25
12/ago	2,88	2,59	1,96	18/set	3,18	5,20	4,91
13/ago	2,19	1,59	1,62	19/set	3,15	1,76	3,05
14/ago	2,09	2,06	1,23	20/set	2,22	2,92	3,25
15/ago	2,35	2,02	2,49	21/set	2,52	2,65	2,42
16/ago	2,75	2,35	2,98	22/set	3,40	3,50	3,68
17/ago	2,29	1,62	2,59	23/set	1,26	2,02	1,43
18/ago	2,22	1,52	2,22	24/set	1,29	1,59	1,16
19/ago	1,92	1,49	2,02	25/set	1,13	2,43	1,59
20/ago	2,12	1,86	2,68	26/set	1,52	1,49	1,76
21/ago	2,29	1,56	2,72	27/set	1,99	1,92	2,32
22/ago	2,59	1,89	2,95	28/set	2,22	1,96	2,35
23/ago	2,98	2,09	3,31	29/set	2,88	1,82	2,75
24/ago	3,94	3,15	4,77	30/set	2,49	2,32	2,88
25/ago	3,48	2,39	3,94	1/out	2,08	2,18	2,63
26/ago	3,31	2,68	4,91	2/out	1,72	1,66	1,86
27/ago	5,24	3,38	3,55	3/out	3,15	2,12	3,25
28/ago	2,78	2,35	1,33	4/out	4,91	3,81	5,20
29/ago	2,92	4,71	2,07	5/out	4,14	2,85	4,77
30/ago	3,97	1,82	1,26	6/out	3,73	4,81	4,59
31/ago	5,37	3,14	1,86	7/out	5,70	4,71	4,44
1/set	2,97	2,20	2,48	8/out	3,81	4,04	2,65
2/set	1,19	1,86	1,96	9/out	1,62	3,65	2,07
3/set	1,19	1,52	1,96	10/out	2,35	2,82	3,33
4/set	1,39	1,62	2,29	11/out	2,59	2,65	3,78
5/set	1,46	1,52	2,25	12/out	2,55	3,22	3,88
6/set	1,29	1,62	2,06	13/out	3,30	3,94	5,14
7/set	2,25	1,72	2,06	14/out	3,84	3,18	4,18

Apêndice 1 - Consumo de água diário no Experimento I nas 3 plantas estudadas

Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Data	Planta 1	Planta 2	Planta 3
	L dia <sup>-1</sup>				L dia <sup>-1</sup>		
15/out	4,94	4,64	6,23	21/nov	4,77	4,11	2,82
16/out	4,97	4,51	5,97	22/nov	3,65	4,61	4,54
17/out	5,14	5,17	6,20	23/nov	3,78	2,59	3,45
18/out	3,28	2,98	4,71	24/nov	3,38	3,31	3,84
19/out	2,68	4,77	4,31	25/nov	4,74	3,71	4,38
20/out	1,96	3,12	3,31	26/nov	2,65	2,42	2,59
21/out	4,94	4,24	3,75	27/nov	2,95	3,28	3,61
22/out	3,55	3,12	3,91	28/nov	2,52	2,92	3,45
23/out	4,47	2,82	3,71	29/nov	2,65	4,97	3,65
24/out	3,18	2,42	3,02	30/nov	3,15	1,79	4,21
25/out	5,54	4,61	5,67	1/dez	3,35	3,08	3,36
26/out	4,14	3,08	3,58	2/dez	1,89	3,31	4,08
27/out	2,09	2,42	3,51	3/dez	3,84	3,08	1,69
28/out	4,97	2,39	3,05	4/dez	4,34	4,38	3,35
29/out	4,18	2,98	3,98	5/dez	2,65	2,09	4,08
30/out	2,62	2,59	3,61	6/dez	2,68	2,42	2,88
31/out	2,25	1,59	2,15	7/dez	4,44	3,15	3,18
1/nov	3,61	3,35	3,99	8/dez	2,82	2,85	1,89
2/nov	2,92	2,32	2,98	9/dez	2,39	2,15	1,52
3/nov	3,78	3,41	5,17	10/dez	3,12	2,95	2,19
4/nov	3,48	3,31	3,15	11/dez	4,61	2,72	1,82
5/nov	3,12	2,98	3,94	12/dez	2,42	2,82	2,09
6/nov	2,25	2,06	2,32	13/dez	2,92	3,18	2,45
7/nov	1,96	2,82	2,25	14/dez	3,53	3,65	2,72
8/nov	4,71	3,65	3,10	15/dez	2,67	2,62	3,31
9/nov	4,87	4,87	5,63	16/dez	2,92	2,19	3,61
10/nov	4,36	3,86	4,14	17/dez	3,61	3,38	1,76
11/nov	3,18	2,39	1,52	18/dez	5,63	3,12	2,32
12/nov	2,52	1,96	2,55	19/dez	3,15	3,81	2,95
13/nov	2,75	2,42	2,35	20/dez	2,98	3,12	2,06
14/nov	2,35	1,96	2,29	21/dez	4,34	3,58	2,75
15/nov	2,95	1,92	1,96	22/dez	4,41	3,75	2,25
16/nov	3,45	3,65	2,85	23/dez	5,04	3,75	5,04
17/nov	5,10	2,85	3,12				
18/nov	2,49	3,45	3,75				
19/nov	2,92	2,78	2,75				
20/nov	4,38	3,65	5,57				

Apêndice 2 - Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 1 do Experimento II.

	Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				
	Planta 1			Total L dia <sup>-1</sup>	Planta 1			Total L dia <sup>-1</sup>	
	T1	T2	T3		T1	T2	T3		
2/ago	5,70	5,93	6,99	18,63	7/set	7,41	6,79	7,59	21,79
3/ago	6,00	7,34	7,56	20,90	8/set	6,73	8,32	8,02	23,07
4/ago	9,30	9,66	9,81	28,77	9/set	8,17	4,87	8,19	21,23
5/ago	6,41	7,66	8,60	22,67	10/set	8,75	7,89	9,02	25,66
6/ago	11,60	12,36	8,83	32,80	11/set	9,08	8,82	10,24	28,14
7/ago	9,60	9,98	11,60	31,17	12/set	11,78	7,79	7,49	27,06
8/ago	10,51	8,98	9,51	29,00	13/set	10,69	7,16	9,55	27,40
9/ago	5,88	11,77	8,95	26,60	14/set	11,24	9,58	10,47	31,29
10/ago	6,79	7,16	8,49	22,44	15/set	9,35	7,16	7,92	24,43
11/ago	13,21	8,22	10,99	32,42	16/set	9,02	7,99	9,31	26,32
12/ago	9,36	7,36	9,16	25,89	17/set	9,05	7,92	11,50	28,47
13/ago	11,40	9,31	10,47	31,19	18/set	11,87	10,71	13,56	36,13
14/ago	10,74	9,84	11,20	31,79	19/set	7,04	4,14	7,19	18,38
15/ago	14,15	8,32	10,71	33,18	20/set	8,35	8,29	8,88	25,52
16/ago	13,26	10,54	9,16	32,96	21/set	5,40	6,86	9,35	21,61
17/ago	10,91	8,62	10,56	30,08	22/set	5,60	7,26	10,11	22,97
18/ago	11,70	9,58	19,95	41,23	23/set	6,13	6,00	8,95	21,08
19/ago	9,65	6,93	7,96	24,53	24/set	7,47	7,26	9,61	24,35
20/ago	8,92	7,79	9,28	25,99	25/set	9,02	8,68	7,99	25,69
21/ago	8,49	9,21	8,72	26,42	26/set	12,12	5,54	10,18	27,83
22/ago	7,89	9,55	9,12	26,55	27/set	10,01	9,08	11,40	30,49
23/ago	8,49	10,74	9,48	28,70	28/set	9,73	8,68	10,59	29,00
24/ago	17,53	8,85	8,12	34,50	29/set	9,55	9,70	10,42	29,67
25/ago	10,92	7,61	7,77	26,30	30/set	10,09	10,34	7,77	28,21
26/ago	11,55	7,61	7,77	26,93	1/out	9,07	9,84	10,13	29,04
27/ago	11,37	8,92	9,74	30,03	2/out	12,00	8,73	8,09	28,82
28/ago	10,08	9,55	10,28	29,90	3/out	8,29	9,38	10,84	28,51
29/ago	9,76	9,61	10,01	29,38	4/out	10,01	10,81	12,66	33,48
30/ago	7,06	6,43	7,26	20,75	5/out	8,24	10,81	11,90	30,94
31/ago	8,02	8,22	7,19	23,43	6/out	8,90	12,86	11,30	33,06
1/set	6,05	5,90	6,36	18,31	7/out	11,34	12,03	7,56	30,93
2/set	7,42	6,83	7,62	21,88	8/out	11,73	10,87	11,87	34,47
3/set	8,93	6,83	7,79	23,55	9/out	14,68	14,29	15,35	44,32
4/set	11,67	8,75	9,38	29,80	10/out	14,45	10,24	9,51	34,21
5/set	7,74	8,12	7,13	22,99	11/out	10,64	7,19	12,30	30,13
6/set	10,76	7,66	7,79	26,20	12/out	11,73	12,66	14,95	39,34

Apêndice 2 - Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 1 do Experimento II.

	Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				
	Planta 1			Total L dia <sup>-1</sup>	Planta 1			Total L dia <sup>-1</sup>	
	T1	T2	T3		T1	T2	T3		
13/out	4,47	10,28	12,13	26,88	18/nov	10,57	13,26	13,42	37,26
14/out	14,02	14,19	14,95	43,16	19/nov	11,50	10,71	12,50	34,70
15/out	11,40	14,55	10,94	36,89	20/nov	8,65	13,09	13,19	34,94
16/out	12,66	15,45	13,86	41,96	21/nov	8,65	15,08	15,51	39,24
17/out	10,01	10,47	11,57	32,05	22/nov	13,24	12,13	13,29	38,66
18/out	9,71	11,63	11,70	33,05	23/nov	8,85	10,41	10,97	30,23
19/out	9,33	9,38	12,84	31,55	24/nov	11,77	15,98	15,21	42,96
20/out	9,60	19,46	13,04	42,10	25/nov	8,85	14,19	14,12	37,16
21/out	17,43	24,13	13,86	55,42	26/nov	5,83	7,16	6,56	19,56
22/out	10,34	8,52	9,71	28,57	27/nov	9,15	10,11	9,38	28,64
23/out	7,92	10,01	9,78	27,71	28/nov	8,75	9,94	11,30	30,00
24/out	11,70	13,09	14,15	38,95	29/nov	8,55	12,89	12,99	34,44
25/out	8,19	9,91	10,74	28,84	30/nov	6,00	8,15	7,23	21,38
26/out	12,13	10,08	13,03	35,23	1/dez	9,45	14,45	11,27	35,17
27/out	7,01	10,14	11,37	28,52	2/dez	7,86	12,00	13,52	33,38
28/out	9,63	12,30	13,39	35,32	3/dez	12,66	10,94	17,73	41,33
29/out	16,11	9,21	10,77	36,10	4/dez	9,18	12,43	14,25	35,86
30/out	5,90	10,61	9,12	25,62	5/dez	10,77	13,59	12,66	37,02
31/out	9,12	8,85	11,14	29,10	6/dez	11,34	16,41	12,26	40,01
1/nov	7,59	10,04	9,68	27,31	7/dez	9,15	8,92	10,18	28,24
2/nov	9,45	12,03	11,14	32,62	8/dez	8,95	9,00	8,42	26,37
3/nov	9,53	9,94	18,66	38,13	9/dez	13,39	11,47	13,32	38,18
4/nov	7,51	10,74	10,74	28,99	10/dez	7,72	12,60	11,63	31,95
5/nov	12,98	8,58	11,90	33,46	11/dez	8,58	12,33	10,44	31,36
6/nov	8,17	11,37	13,16	32,70	12/dez	8,45	13,59	11,10	33,15
7/nov	6,10	12,33	12,30	30,73	13/dez	9,98	14,09	11,83	35,90
8/nov	8,25	10,57	14,62	33,44	14/dez	7,56	10,31	10,71	28,57
9/nov	10,67	18,13	15,05	43,85	15/dez	9,35	9,05	8,95	27,35
10/nov	8,12	8,05	7,06	23,24	16/dez	8,73	9,65	9,45	27,83
11/nov	9,41	10,84	10,41	30,66	17/dez	8,14	14,48	11,63	34,26
12/nov	10,84	9,31	11,53	31,69	18/dez	10,14	16,21	11,93	38,28
13/nov	15,55	10,67	8,55	34,77	19/dez	9,48	8,65	7,66	25,79
14/nov	12,25	12,25	13,27	37,77	20/dez	10,04	8,22	7,56	25,82
15/nov	7,44	8,34	8,47	24,25	21/dez	8,35	6,63	6,21	21,20
16/nov	6,76	13,03	10,97	30,76	22/dez	8,49	18,96	17,52	44,96
17/nov	10,91	10,47	12,36	33,74	23/dez	8,35	12,89	11,04	32,28

Apêndice 3 - Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 2 do Experimento II.

	Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> )				
	Planta 2			Total L dia <sup>-1</sup>	Planta 2			Total L dia <sup>-1</sup>	
	T1	T2	T3		T1	T2	T3		
2/ago	3,88	9,79	6,70	20,37	7/set	7,03	11,24	11,53	29,80
3/ago	5,54	18,26	6,66	30,46	8/set	6,30	5,97	11,97	24,23
4/ago	8,09	12,30	10,34	30,73	9/set	6,66	5,12	11,97	23,75
5/ago	7,56	5,90	9,79	23,25	10/set	7,59	12,38	13,23	33,20
6/ago	11,34	8,62	15,53	35,48	11/set	8,72	12,60	10,94	32,25
7/ago	10,94	15,28	13,56	39,78	12/set	9,84	11,40	8,22	29,47
8/ago	8,72	8,58	12,30	29,60	13/set	9,45	11,97	10,94	32,35
9/ago	11,20	16,11	10,77	38,08	14/set	6,17	12,86	14,25	33,28
10/ago	6,60	10,84	7,86	25,29	15/set	6,76	11,04	13,29	31,09
11/ago	8,02	15,21	10,37	33,61	16/set	7,76	12,00	14,85	34,60
12/ago	9,15	13,09	10,77	33,01	17/set	7,59	7,79	10,71	26,09
13/ago	9,51	8,92	14,65	33,08	18/set	8,98	9,48	9,21	27,68
14/ago	8,98	15,25	15,31	39,54	19/set	9,28	10,34	10,11	29,73
15/ago	7,72	15,08	10,14	32,95	20/set	12,93	12,46	15,78	41,17
16/ago	9,33	16,97	12,07	38,37	21/set	10,44	8,68	10,71	29,83
17/ago	9,21	12,43	10,57	32,22	22/set	5,70	10,01	12,66	28,37
18/ago	10,47	13,59	9,71	33,78	23/set	9,38	5,57	11,14	26,09
19/ago	8,62	11,50	7,13	27,25	24/set	9,58	6,73	11,60	27,91
20/ago	10,01	8,78	9,78	28,57	25/set	11,47	8,49	14,88	34,84
21/ago	9,18	11,47	9,94	30,59	26/set	9,08	8,12	13,76	30,96
22/ago	9,15	13,16	11,77	34,07	27/set	9,61	14,65	18,83	43,09
23/ago	8,35	13,99	13,13	35,47	28/set	9,12	10,18	15,88	35,17
24/ago	12,23	13,95	13,52	39,71	29/set	11,40	7,28	14,80	33,48
25/ago	10,86	11,34	12,45	34,64	30/set	11,40	15,15	11,25	37,80
26/ago	10,32	11,34	12,58	34,24	1/out	11,57	11,97	5,68	29,22
27/ago	8,88	9,78	14,98	33,64	2/out	10,81	9,18	6,05	26,04
28/ago	9,51	11,47	11,90	32,88	3/out	10,57	14,05	17,93	42,56
29/ago	8,62	11,77	12,99	33,38	4/out	9,48	15,25	20,55	45,28
30/ago	6,46	12,20	8,09	26,75	5/out	11,77	15,33	14,09	41,18
31/ago	13,82	11,73	11,93	37,49	6/out	10,34	9,93	8,12	28,39
1/set	10,37	9,18	9,78	29,33	7/out	9,15	9,51	7,13	25,79
2/set	6,79	10,67	11,93	29,40	8/out	8,39	15,02	20,52	43,92
3/set	7,66	6,66	12,30	26,62	9/out	12,00	19,03	21,98	53,00
4/set	9,08	9,41	10,28	28,77	10/out	11,67	15,02	12,73	39,41
5/set	9,91	12,86	7,76	30,53	11/out	12,63	10,67	16,14	39,44
6/set	6,76	11,80	10,97	29,53	12/out	11,83	17,67	24,96	54,46

Apêndice 3 - Consumo diário de solução em cada tratamento na planta 2 do Experimento II.

	Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> ) Planta 2			Total L dia <sup>-1</sup>		Consumo (L tratamento <sup>-1</sup> ) Planta 2			Total L dia <sup>-1</sup>
	T1	T2	T3			T1	T2	T3	
13/out	9,78	13,26	19,52	42,56	18/nov	12,73	8,02	12,61	33,36
14/out	12,07	18,03	6,17	36,26	19/nov	12,69	16,11	17,53	46,34
15/out	6,63	13,29	19,39	39,31	20/nov	11,27	15,81	20,32	47,40
16/out	7,26	16,71	22,47	46,44	21/nov	8,72	18,00	18,30	45,01
17/out	9,51	14,62	22,61	46,74	22/nov	13,23	17,40	21,98	52,60
18/out	10,97	16,18	19,82	46,97	23/nov	8,35	12,40	14,58	35,33
19/out	11,10	14,72	21,45	47,27	24/nov	9,74	13,39	18,40	41,53
20/out	11,80	21,31	20,22	53,33	25/nov	13,16	7,79	11,34	32,28
21/out	10,57	16,11	12,60	39,28	26/nov	11,93	6,63	13,27	31,84
22/out	9,48	11,80	16,14	37,42	27/nov	9,88	10,37	10,28	30,53
23/out	8,22	13,09	18,66	39,97	28/nov	9,05	14,95	11,82	35,81
24/out	17,34	18,30	25,95	61,59	29/nov	12,07	14,22	12,98	39,26
25/out	16,99	13,32	14,05	44,37	30/nov	10,61	7,49	11,02	29,12
26/out	9,02	15,48	22,57	47,07	1/dez	10,24	7,19	13,39	30,83
27/out	8,65	14,65	20,72	44,02	2/dez	9,81	6,53	14,42	30,76
28/out	9,41	17,50	18,63	45,54	3/dez	12,96	11,57	12,26	36,79
29/out	8,49	11,30	6,66	26,45	4/dez	12,10	10,06	16,54	38,70
30/out	6,07	8,52	9,12	23,70	5/dez	11,87	11,85	17,10	40,82
31/out	7,79	9,12	12,53	29,43	6/dez	9,84	11,87	11,93	33,64
1/nov	6,76	9,45	16,37	32,58	7/dez	9,96	5,10	12,83	27,89
2/nov	9,43	6,35	11,10	26,88	8/dez	6,81	5,77	9,74	22,32
3/nov	7,44	17,19	15,94	40,57	9/dez	8,78	12,26	13,52	34,57
4/nov	8,85	15,05	7,09	30,99	10/dez	10,77	10,54	13,79	35,10
5/nov	9,98	10,84	14,32	35,13	11/dez	11,24	9,84	12,69	33,78
6/nov	12,76	16,08	17,77	46,60	12/dez	11,80	7,42	14,15	33,38
7/nov	10,24	13,95	16,81	41,00	13/dez	9,81	8,82	12,76	31,39
8/nov	12,53	10,74	13,19	36,46	14/dez	10,01	13,57	11,93	35,52
9/nov	13,69	11,20	9,45	34,34	15/dez	9,74	6,66	12,33	28,74
10/nov	9,48	7,69	10,14	27,31	16/dez	11,30	7,57	13,26	32,14
11/nov	12,56	9,55	12,00	34,11	17/dez	12,13	8,25	13,52	33,91
12/nov	12,13	11,85	14,19	38,17	18/dez	13,16	9,68	16,27	39,11
13/nov	10,51	9,20	16,11	35,81	19/dez	8,82	6,33	12,07	27,21
14/nov	10,89	11,10	15,91	37,90	20/dez	7,86	11,87	19,32	39,05
15/nov	8,42	6,83	23,53	38,78	21/dez	5,80	4,80	11,67	22,27
16/nov	10,36	12,20	17,27	39,82	22/dez	12,33	9,58	16,31	38,22
17/nov	10,77	10,81	10,11	31,69	23/dez	10,01	10,36	13,26	33,63

Apêndice 4 - Consumo de água nos tratamentos do Experimento III ao longo do período experimental.

trat.	Bloco	28/7/2003 25 (DAT)	22/8/2003 50	29/9/2003 88	31/10/2003 120	28/11/2003 148	29/12/2003 179	26/1/2004 207
u1	1	13,4	27,5	53,5	94,6	138,6	209,5	276,5
u1	2	3,4	16,9	43,4	77,0	112,4	179,4	240,6
u1	3	4,9	15,6	32,2	56,4	82,2	139,8	197,4
u2	1	18,0	36,6	66,5	106,4	141,7	212,5	275,1
u2	2	3,0	16,1	37,1	70,2	107,7	174,2	233,8
u2	3	4,1	17,2	41,6	80,1	114,1	187,1	254,5
u3	1	20,8	37,0	75,2	123,7	165,0	238,2	301,2
u3	2	7,3	18,0	40,1	68,0	108,8	183,1	250,1
u3	3	8,9	25,7	54,8	92,4	128,3	190,5	249,2
u4	1	12,6	26,1	50,9	94,1	133,5	206,0	266,3
u4	2	3,0	16,8	40,7	75,4	107,3	171,9	237,0
u4	3	6,0	15,3	30,6	65,9	94,6	158,9	214,9
ucc1	1	16,6	33,3	69,5	116,4	158,5	234,6	303,0
ucc1	2	9,2	25,7	52,7	90,1	122,0	188,1	252,3
ucc1	3	1,5	19,7	44,6	82,8	116,4	185,6	249,5
ucc2	1	14,2	30,0	59,6	97,8	146,8	219,0	286,8
ucc2	2	10,2	23,1	48,2	82,9	118,0	185,2	251,0
ucc2	3	0,0	15,0	40,9	81,4	118,5	194,2	250,1
ucc3	1	18,9	39,1	74,8	122,1	165,4	237,4	308,3
ucc3	2	16,4	37,1	73,2	120,7	165,3	239,9	307,3
ucc3	3	0,0	12,3	31,9	61,6	88,7	143,5	204,3
ucc4	1	19,3	38,9	66,2	109,2	143,2	214,3	281,1
ucc4	2	0,0	13,4	35,4	71,3	100,6	159,5	220,6
ucc4	3	11,0	27,4	55,5	95,3	130,4	185,1	244,2
al1	1	14,8	31,2	57,9	100,9	146,0	218,1	283,8
al1	2	6,0	19,5	47,0	81,2	125,6	204,9	272,1
al1	3	6,0	22,6	50,7	85,8	114,9	184,0	248,1
al2	1	17,7	37,6	71,6	120,7	168,5	240,2	310,7
al2	2	11,6	27,0	56,2	96,8	132,8	207,0	275,2
al2	3	2,6	20,5	39,1	61,9	86,9	142,9	192,9
al3	1	9,7	29,0	68,7	113,2	156,4	227,9	295,5
al3	2	7,9	24,6	58,9	104,2	138,3	208,6	270,6
al3	3	8,9	16,4	37,8	69,5	100,2	168,8	230,5
al4	1	11,6	29,4	59,1	101,6	133,5	205,5	265,4
al4	2	8,9	27,4	63,8	115,8	151,5	208,7	258,3
al4	3	4,1	15,8	32,9	55,2	85,6	143,6	204,2
test.	1	14,0	31,6	62,6	101,5	136,0	187,7	228,8
test.	2	3,0	11,3	32,2	58,0	76,6	111,0	136,6
test.	3	6,0	19,8	43,2	71,6	98,1	131,6	161,1

Apêndice 5 - Condutividade elétrica da solução do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ) nos tratamentos do Experimento III.

trat.	Bloco	16/8/2003	26/8/2003	9/9/2003	24/9/2003	5/10/2003	18/10/2003
		44 (DAT)	53	68	83	94	107
u1	1	0,379	0,385	0,525	0,716	0,736	0,710
u1	2	0,449	0,593	0,859	0,876	0,788	0,688
u1	3	0,494	0,617	0,670	0,870	0,854	0,747
u2	1	0,466	0,471	0,675	0,810	0,768	0,825
u2	2	0,298	0,617	0,937	1,034	0,837	0,831
u2	3	0,506	0,606	0,764	0,786	0,840	0,783
u3	1	0,465	0,580	0,782	1,577	1,057	0,904
u3	2	0,485	0,462	0,740	1,087	0,800	0,868
u3	3	0,430	0,603	0,958	1,458	1,123	0,685
u4	1	0,464	0,427	0,526	0,937	0,812	0,743
u4	2	0,510	0,456	1,165	1,604	1,275	1,684
u4	3	0,635	0,591	0,687	2,020	2,030	1,322
ucc1	1	0,738	0,492	0,583	1,126	0,991	0,836
ucc1	2	0,539	0,634	0,676	0,931	0,931	0,760
ucc1	3	0,666	0,591	0,848	1,397	1,109	0,989
ucc2	1	0,470	0,430	0,544	1,091	0,901	0,912
ucc2	2	0,597	0,466	0,833	2,350	1,289	1,908
ucc2	3	0,585	0,699	0,770	1,017	0,989	1,118
ucc3	1	0,489	0,708	1,755	1,445	1,234	0,920
ucc3	2	0,462	0,613	1,295	1,853	1,122	0,930
ucc3	3	0,926	1,085	1,885	2,310	1,079	1,664
ucc4	1	0,463	0,743	1,509	0,996	1,498	0,950
ucc4	2	0,557	0,719	1,140	2,230	1,515	1,260
ucc4	3	0,447	0,714	1,291	1,773	1,361	0,415
al1	1	0,389	0,456	0,823	1,224	1,107	0,864
al1	2	0,474	0,584	0,654	0,988	0,740	0,755
al1	3	0,659	0,749	0,801	1,196	1,138	1,324
al2	1	0,477	0,429	0,711	0,867	0,894	0,981
al2	2	0,427	0,735	1,310	1,909	1,857	1,170
al2	3	0,662	0,922	1,676	1,813	1,566	1,444
al3	1	0,945	1,386	1,179	1,109	0,932	0,973
al3	2	0,493	0,740	1,184	2,300	1,352	0,791
al3	3	0,678	0,654	1,111	1,412	1,095	1,114
al4	1	0,430	0,439	1,200	1,796	1,172	1,218
al4	2	0,768	0,967	1,817	4,530	1,412	1,727
al4	3	0,410	0,701	1,222	3,320	2,780	1,514
test.	1	0,505	0,438	0,454	0,582	0,669	0,625
test.	2	0,399	0,538	0,481	0,680	0,689	0,615
test.	3	0,427	0,586	0,470	0,647	0,749	0,706

Apêndice 5 - Condutividade elétrica das solução do solo ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) nos tratamentos do Experimento III.

trat.	Bloco	1/11/2003 121 (DAT)	15/11/2003 135	29/11/2003 149	12/12/2003 162	15/1/2004 196	27/1/2004 208
u1	1	0,908	0,203	0,970	0,916	0,842	0,551
u1	2	1,007	0,881	0,470	0,666	0,558	0,420
u1	3	1,035	0,742	0,470	0,617	0,440	0,738
u2	1	0,969	0,647	0,420	0,512	0,416	0,504
u2	2	0,830	0,843	0,680	0,557	0,452	0,444
u2	3	1,162	1,084	1,227	1,320	0,840	0,708
u3	1	1,226	0,762	0,570	1,020	0,537	0,439
u3	2	1,576	1,366	0,880	1,600	0,688	0,570
u3	3	1,308	0,903	0,784	0,682	0,450	0,355
u4	1	0,740	0,603	0,450	0,480	0,127	0,566
u4	2	2,540	1,815	1,450	1,690	0,898	0,535
u4	3	1,214	0,853	0,960	1,064	0,552	0,401
ucc1	1	0,908	1,374	0,750	0,971	0,812	1,130
ucc1	2	0,769	0,744	0,630	0,591	0,850	0,439
ucc1	3	1,000	0,933	0,640	0,865	0,368	0,385
ucc2	1	0,800	0,890	0,710	0,851	0,478	0,456
ucc2	2	1,987	5,880	1,360	2,520	0,850	0,736
ucc2	3	1,324	1,207	0,930	1,480	0,834	0,784
ucc3	1	1,735	1,044	0,650	0,780	0,461	0,782
ucc3	2	1,119	0,872	0,640	1,330	0,592	0,468
ucc3	3	2,030	2,430	1,810	3,400	1,412	2,550
ucc4	1	1,185	0,736	0,910	1,550	0,843	2,020
ucc4	2	1,698	1,753	1,780	3,730	1,275	1,090
ucc4	3	1,632	1,384	1,680	1,947	0,223	1,200
al1	1	0,758	0,653	0,530	1,066	0,979	0,817
al1	2	2,360	2,880	3,280	1,935	0,469	0,694
al1	3	1,896	2,450	1,950	0,539	0,588	1,450
al2	1	0,950	0,883	0,820	1,120	1,077	0,596
al2	2	1,117	1,012	0,630	1,680	0,378	0,444
al2	3	3,760	2,540	1,630	1,221	0,498	0,822
al3	1	1,827	1,490	0,720	0,564	1,480	2,680
al3	2	1,306	2,030	1,920	2,330	1,094	1,190
al3	3	2,150	2,220	1,040	1,630	0,945	1,310
al4	1	1,607	0,961	0,640	1,300	0,637	0,897
al4	2	1,692	4,800	9,240	0,556	3,150	1,920
al4	3	2,020	2,950	1,560	1,833	1,136	1,510
test.	1	0,584	0,488	0,450	0,480	0,355	0,234
test.	2	0,720	0,563	0,470	0,529	0,441	0,309
test.	3	0,750	0,629	0,490	0,538	0,390	0,251

Apêndice 6 - pH da solução do solo nos tratamentos do Experimento III.

trat.	Bloco	16/8/2003	26/8/2003	9/9/2003	24/9/2003	5/10/2003	18/10/2003
		44(DAT)	53	68	83	94	107
u1	1	6,75	6,84	6,49	6,31	6,56	6,77
u1	2	6,58	6,78	6,50	6,35	6,41	6,53
u1	3	6,04	6,77	6,61	6,42	6,40	6,87
u2	1	6,58	6,95	6,42	6,34	6,43	6,57
u2	2	7,10	6,38	6,51	6,21	6,61	6,54
u2	3	6,07	6,56	6,42	6,39	6,52	6,70
u3	1	6,55	6,52	6,22	6,09	6,16	6,26
u3	2	6,42	6,57	6,27	6,28	6,51	6,44
u3	3	6,92	7,01	6,24	6,60	6,59	6,79
u4	1	6,63	6,73	6,50	6,47	6,47	6,66
u4	2	6,68	6,69	6,44	6,00	6,30	5,40
u4	3	6,63	6,56	6,39	6,26	6,32	6,22
ucc1	1	6,64	6,76	6,50	6,47	6,39	6,69
ucc1	2	6,66	6,64	6,56	6,28	6,59	6,60
ucc1	3	6,59	6,61	6,30	6,10	6,59	6,67
ucc2	1	6,69	6,76	6,55	6,33	6,41	6,19
ucc2	2	6,52	7,01	6,12	6,05	6,22	6,47
ucc2	3	7,02	6,94	6,44	6,26	6,35	6,58
ucc3	1	6,53	6,72	6,60	6,29	6,36	6,42
ucc3	2	6,78	6,96	6,50	6,37	6,65	6,62
ucc3	3	6,76	6,67	6,27	6,35	6,32	6,40
ucc4	1	6,63	6,73	6,41	6,47	6,27	6,33
ucc4	2	6,51	6,51	6,39	5,90	6,28	6,26
ucc4	3	6,69	6,81	6,26	6,24	6,72	6,34
al1	1	6,70	6,87	6,24	6,20	6,37	6,36
al1	2	6,60	6,87	6,40	6,22	6,33	6,62
al1	3	6,46	6,71	6,24	6,23	6,34	6,66
al2	1	6,78	6,83	6,55	6,40	6,44	6,54
al2	2	6,68	6,65	6,32	6,16	6,53	6,28
al2	3	6,64	6,54	6,30	5,79	6,34	6,30
al3	1	6,60	7,04	6,51	6,35	6,45	6,52
al3	2	6,83	6,79	6,17	6,20	6,14	6,59
al3	3	6,50	6,56	6,28	6,11	6,35	5,62
al4	1	6,73	7,03	6,32	6,16	6,36	6,62
al4	2	6,83	6,55	6,35	5,96	6,47	6,37
al4	3	6,88	6,62	6,48	6,51	6,67	6,36
test.	1	6,72	6,94	6,49	6,48	6,54	6,86
test.	2	6,77	6,65	6,57	6,47	6,55	6,70
test.	3	6,85	6,84	6,64	6,50	6,62	6,87

Apêndice 6 - pH da solução do solo nos tratamentos do Experimento III.

trat.	Bloco	1/11/2003	15/11/2003	29/11/2003	12/12/2003	15/1/2004	27/1/2004
		121 (DAT)	135	149	162	196	208
u1	1	6,30	6,33	6,18	5,98	5,88	5,66
u1	2	6,00	6,53	6,48	6,77	6,21	5,80
u1	3	6,31	6,48	6,95	6,60	6,52	6,39
u2	1	6,11	6,68	6,19	5,93	6,09	5,40
u2	2	6,42	6,42	6,62	6,41	6,19	6,36
u2	3	6,46	6,44	6,38	6,37	6,45	5,85
u3	1	5,73	6,28	6,00	6,58	4,40	4,15
u3	2	5,90	5,95	6,03	5,71	4,15	4,24
u3	3	4,55	4,72	4,56	4,27	4,32	4,25
u4	1	6,15	5,92	6,42	6,26	8,35	6,17
u4	2	4,59	4,67	4,38	4,00	3,87	3,92
u4	3	5,74	6,28	5,01	4,95	4,34	4,60
ucc1	1	6,48	6,14	6,35	6,29	6,00	5,26
ucc1	2	6,08	6,17	6,38	6,80	6,42	6,32
ucc1	3	6,39	5,83	5,94	5,75	5,90	5,79
ucc2	1	6,53	6,43	6,65	6,51	6,07	5,95
ucc2	2	5,83	6,01	4,97	4,37	4,12	4,16
ucc2	3	5,74	6,61	5,90	5,65	5,15	5,60
ucc3	1	5,44	5,02	4,74	4,70	4,35	4,26
ucc3	2	5,88	6,12	6,32	5,63	6,50	4,71
ucc3	3	5,17	4,72	4,48	4,15	3,99	3,82
ucc4	1	5,35	6,01	5,59	5,15	4,63	4,08
ucc4	2	5,56	5,98	6,75	5,80	3,82	3,87
ucc4	3	5,10	4,74	4,43	4,10	7,00	4,24
al1	1	5,95	6,58	6,07	7,16	5,50	4,42
al1	2	5,96	5,98	5,61	4,36	5,40	5,06
al1	3	6,15	6,68	5,69	6,18	5,96	5,91
al2	1	6,32	6,60	5,93	6,70	6,94	5,60
al2	2	5,30	4,33	5,65	4,33	4,63	4,44
al2	3	4,45	4,71	4,24	4,18	4,11	3,71
al3	1	6,13	6,03	6,06	5,91	5,73	4,28
al3	2	5,74	5,46	4,75	4,85	4,13	3,78
al3	3	5,03	4,45	4,60	5,70	4,23	4,35
al4	1	5,51	4,89	5,43	4,60	4,56	4,03
al4	2	6,10	5,74	4,18	3,80	3,87	4,09
al4	3	5,30	5,38	5,26	4,80	4,51	4,19
test.	1	6,50	6,61	6,33	6,26	5,98	6,40
test.	2	6,39	6,51	6,34	6,22	6,42	6,20
test.	3	6,39	6,15	6,46	6,30	5,93	6,00

Apêndice 7 - Concentração de nitrato (mg litro<sup>-1</sup>) na solução do solo no Experimento III.

trat.	Bloco	26/8/2003 53 (DAT)	9/9/2003 68	24/9/2003 83	5/10/2003 94	18/10/2003 107	1/11/2003 121
u1	1	60	300	170	110	110	120
u1	2	110	480	210	190	240	440
u1	3	130	340	230	260	230	550
u2	1	110	320	180	190	460	400
u2	2	130	530	270	190	220	500
u2	3	110	420	340	200	200	350
u3	1	120	400	610	380	370	460
u3	2	100	490	260	270	280	460
u3	3	110	560	580	550	230	830
u4	1	64	210	260	220	280	340
u4	2	110	600	560	550	810	1600
u4	3	130	330	840	1300	920	730
ucc1	1	79	200	240	220	250	190
ucc1	2	110	270	240	270	210	170
ucc1	3	96	400	390	290	270	210
ucc2	1	92	200	350	310	300	300
ucc2	2	71	290	760	440	420	530
ucc2	3	150	350	220	160	380	280
ucc3	1	85	640	360	330	310	520
ucc3	2	130	310	510	220	400	510
ucc3	3	140	530	560	620	730	660
ucc4	1	59	580	260	440	240	270
ucc4	2	130	420	610	480	510	660
ucc4	3	120	480	460	470	610	580
al1	1	43	300	230	330	220	170
al1	2	120	200	210	140	280	1000
al1	3	130	200	250	270	420	420
al2	1	64	260	160	240	320	270
al2	2	110	510	250	220	670	290
al2	3	110	480	580	460	670	1100
al3	1	230	550	270	300	270	420
al3	2	120	440	560	380	240	480
al3	3	110	440	390	330	420	760
al4	1	77	350	490	380	440	460
al4	2	140	600	880	420	610	760
al4	3	84	300	390	790	560	600
test.	1	60	170	72	130	160	150
test.	2	84	200	82	110	140	140
test.	3	88	170	79	150	190	200

Apêndice 7 - Concentração de nitrato ( $\text{mg litro}^{-1}$ ) na solução do solo no Experimento III.

trat.	Bloco	15/11/2003	29/11/2003	12/12/2003	15/1/2004	27/1/2004
		135 (DAT)	149	162	196	208
u1	1	200	130	36	49	36
u1	2	340	100	30	64	32
u1	3	250	220	120	100	70
u2	1	300	150	37	150	37
u2	2	470	290	210	140	130
u2	3	340	290	170	90	56
u3	1	250	130	410	92	83
u3	2	640	280	250	47	40
u3	3	320	280	180	32	40
u4	1	260	210	110	110	170
u4	2	920	550	680	250	100
u4	3	470	280	420	120	46
ucc1	1	560	140	51	140	32
ucc1	2	210	170	50	140	35
ucc1	3	210	130	100	50	70
ucc2	1	310	230	140	110	50
ucc2	2	580	360	490	75	31
ucc2	3	370	290	250	52	60
ucc3	1	240	72	39	160	17
ucc3	2	280	150	240	130	60
ucc3	3	480	350	670	230	460
ucc4	1	190	83	160	62	270
ucc4	2	530	610	960	230	40
ucc4	3	340	440	380	520	170
al1	1	170	150	53	44	130
al1	2	580	870	560	43	44
al1	3	430	1000	560	110	38
al2	1	350	180	150	120	71
al2	2	210	110	99	180	40
al2	3	510	350	280	60	180
al3	1	490	210	140	110	300
al3	2	530	500	350	170	260
al3	3	530	200	280	140	150
al4	1	260	130	240	43	230
al4	2	960	1200	1600	570	300
al4	3	590	370	390	210	180
test.	1	160	170	36	100	32
test.	2	210	170	50	110	30
test.	3	240	200	38	140	50

Apêndice 8 - Área foliar (m<sup>2</sup>) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.

trat.	DAT Bloco	28/7/2003	11/10/2003	15/12/2003	30/1/2004
		25	100	165	211
u1	1	0,093	0,227	0,504	1,360
u1	2	0,073	0,227	0,987	1,315
u1	3	0,045	0,248	0,766	1,378
u2	1	0,159	0,297	0,707	1,336
u2	2	0,066	0,279	0,601	1,589
u2	3	0,076	0,355	0,883	1,793
u3	1	0,109	0,339	0,819	2,088
u3	2	0,086	0,289	0,808	1,737
u3	3	0,059	0,190	0,602	1,141
u4	1	0,082	0,241	0,593	1,276
u4	2	0,078	0,452	0,902	1,390
u4	3	0,107	0,350	0,986	1,961
ucc1	1	0,098	0,302	0,735	1,799
ucc1	2	0,068	0,258	0,751	1,976
ucc1	3	0,095	0,375	0,850	2,066
ucc2	1	0,077	0,233	0,823	1,393
ucc2	2	0,073	0,294	0,972	1,217
ucc2	3	0,072	0,440	1,064	2,084
ucc3	1	0,083	0,258	0,595	1,354
ucc3	2	0,078	0,323	0,967	1,610
ucc3	3	0,068	0,238	0,837	1,647
ucc4	1	0,073	0,414	0,662	1,630
ucc4	2	0,120	0,380	0,969	1,597
ucc4	3	0,098	0,274	0,781	1,205
al1	1	0,082	0,331	0,738	1,886
al1	2	0,115	0,310	1,155	1,514
al1	3	0,078	0,254	0,832	1,734
al2	1	0,113	0,320	0,652	1,502
al2	2	0,072	0,364	1,074	1,654
al2	3	0,058	0,104	0,401	0,703
al3	1	0,081	0,265	0,674	1,692
al3	2	0,095	0,452	1,229	1,372
al3	3	0,055	0,196	0,770	1,288
al4	1	0,098	0,389	0,775	1,352
al4	2	0,160	0,686	1,323	1,126
al4	3	0,052	0,222	0,793	1,609
test.	1	0,111	0,291	0,371	0,402
test.	2	0,073	0,198	0,288	0,474
test.	3	0,079	0,149	0,323	0,490

Apêndice 9 - Área média das folhas ( $\text{cm}^2 \text{folha}^{-1}$ ) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.

trat.	DAT Bloco	28/7/2003	11/10/2003	15/12/2003	30/1/2004
		25	100	165	211
u1	1	25,62	19,73	23,14	31,97
u1	2	22,96	21,86	27,58	31,65
u1	3	19,13	17,00	21,59	25,05
u2	1	22,38	23,59	31,06	31,99
u2	2	19,91	28,86	32,70	35,32
u2	3	22,58	21,15	26,96	27,84
u3	1	21,43	24,44	38,66	33,94
u3	2	25,49	31,61	34,77	39,49
u3	3	19,12	20,51	28,81	36,25
u4	1	22,77	20,06	29,34	33,98
u4	2	23,15	27,77	30,86	32,27
u4	3	38,16	37,76	34,70	30,81
ucc1	1	29,98	31,48	41,74	37,52
ucc1	2	30,98	23,44	23,20	25,35
ucc1	3	22,17	19,94	21,74	25,07
ucc2	1	22,19	30,91	22,75	28,42
ucc2	2	21,78	25,12	23,86	28,90
ucc2	3	27,53	22,86	26,10	42,62
ucc3	1	25,20	29,33	25,75	31,88
ucc3	2	24,47	23,11	30,18	35,00
ucc3	3	26,99	28,85	30,00	34,71
ucc4	1	22,38	27,27	23,56	24,79
ucc4	2	26,44	27,66	36,28	28,05
ucc4	3	20,66	24,58	43,98	45,89
al1	1	24,69	33,24	37,99	42,23
al1	2	32,96	27,18	34,68	34,11
al1	3	30,38	27,58	27,64	38,04
al2	1	33,32	28,79	31,43	33,70
al2	2	20,66	26,32	24,57	28,84
al2	3	19,78	28,79	29,16	37,61
al3	1	26,98	29,51	31,14	35,94
al3	2	21,48	25,96	23,45	22,73
al3	3	19,89	21,83	21,21	24,93
al4	1	20,08	21,16	21,68	23,98
al4	2	19,97	29,86	20,38	20,83
al4	3	21,85	25,02	27,39	29,44
test.	1	25,93	29,09	31,07	30,05
test.	2	23,50	24,79	30,65	26,79
test.	3	19,87	23,95	25,94	23,84

Apêndice 10 - Número de folhas por parcela ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.

trat.	DAT Bloco	28/7/2003	11/10/2003	15/12/2003	30/1/2004
		25	100	165	211
u1	1	36	116	224	432
u1	2	32	104	369	423
u1	3	24	140	360	546
u2	1	70	140	250	432
u2	2	33	106	188	462
u2	3	34	162	342	639
u3	1	52	138	206	600
u3	2	34	102	221	483
u3	3	31	96	213	339
u4	1	36	126	216	425
u4	2	34	154	358	438
u4	3	28	94	284	639
ucc1	1	15	96	178	504
ucc1	2	22	118	330	780
ucc1	3	46	188	396	825
ucc2	1	35	78	351	522
ucc2	2	32	116	444	417
ucc2	3	26	194	470	489
ucc3	1	33	88	236	429
ucc3	2	32	146	323	459
ucc3	3	24	86	289	477
ucc4	1	33	174	282	684
ucc4	2	47	134	282	570
ucc4	3	47	116	238	366
al1	1	33	98	204	453
al1	2	35	122	375	432
al1	3	26	92	318	480
al2	1	34	112	208	447
al2	2	35	138	444	585
al2	3	30	36	136	190
al3	1	30	90	230	474
al3	2	45	178	525	606
al3	3	28	90	369	511
al4	1	52	184	366	588
al4	2	81	230	648	540
al4	3	24	90	287	546
test.	1	44	100	120	114
test.	2	31	80	92	178
test.	3	40	62	124	211

Apêndice 11 - Altura das plantas por parcela (cm) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.

trat.	DAT Bloco	7/7/2003	10/10/2003	9/12/2003	27/1/2004
		4	99	159	208
u1	1	39,3	70,0	97,5	117,5
u1	2	32,0	64,5	110,0	129,5
u1	3	23,3	57,5	85,0	91,0
u2	1	47,0	70,0	105,5	125,5
u2	2	35,6	72,5	106,5	124,0
u2	3	32,8	69,5	93,5	121,0
u3	1	41,0	78,0	104,0	124,0
u3	2	34,8	70,5	105,0	121,5
u3	3	31,5	60,5	89,0	97,0
u4	1	35,7	65,5	96,5	120,5
u4	2	38,8	73,0	98,0	116,0
u4	3	34,5	63,0	95,0	116,5
ucc1	1	39,3	66,0	97,5	120,0
ucc1	2	32,2	63,5	86,0	102,0
ucc1	3	30,8	68,0	88,0	110,0
ucc2	1	39,3	65,5	105,0	118,0
ucc2	2	36,3	67,5	103,0	131,5
ucc2	3	35,0	70,5	109,0	120,0
ucc3	1	38,5	67,0	109,5	124,5
ucc3	2	35,6	71,0	98,0	129,0
ucc3	3	30,8	59,0	87,0	114,5
ucc4	1	39,9	89,0	115,0	134,0
ucc4	2	34,0	71,5	112,0	127,0
ucc4	3	36,5	65,0	108,0	130,0
al1	1	40,5	71,0	114,5	142,5
al1	2	36,8	69,0	101,0	118,0
al1	3	34,8	60,0	99,0	116,0
al2	1	40,5	71,0	110,0	124,5
al2	2	36,0	78,5	101,0	126,5
al2	3	29,3	40,0	86,5	128,5
al3	1	40,3	66,5	103,5	124,5
al3	2	33,0	74,5	91,5	114,5
al3	3	27,5	56,5	88,0	101,0
al4	1	38,5	71,0	93,0	113,0
al4	2	37,8	81,0	93,0	107,0
al4	3	25,8	64,0	99,0	118,0
test.	1	39,3	68,5	89,5	91,5
test.	2	35,0	62,5	87,5	99,5
test.	3	29,0	45,5	63,5	67,0

Apêndice 12 - Diâmetro do tronco das plantas por parcela (mm) ao longo do período experimental nos tratamentos do Experimento III.

		7/7/2003	10/10/2003	9/12/2003	27/1/2004
	DAT	4	99	159	208
trat.	Bloco				
u1	1	5,80	8,08	12,05	14,58
u1	2	5,09	7,68	12,05	15,76
u1	3	5,26	6,79	10,75	14,54
u2	1	6,59	8,89	12,50	15,37
u2	2	6,61	7,38	12,78	15,61
u2	3	5,54	7,93	12,66	15,70
u3	1	6,46	7,92	12,52	15,38
u3	2	6,02	8,27	11,78	15,70
u3	3	5,30	6,94	11,12	14,68
u4	1	5,93	8,06	11,12	15,09
u4	2	5,68	7,38	11,13	14,04
u4	3	5,73	6,85	10,82	14,30
ucc1	1	5,82	7,83	13,28	16,24
ucc1	2	5,27	7,31	11,50	14,53
ucc1	3	6,02	8,06	12,35	15,71
ucc2	1	5,24	7,64	12,07	15,71
ucc2	2	5,27	7,25	12,03	15,26
ucc2	3	6,57	8,40	12,90	16,33
ucc3	1	5,27	8,20	12,23	15,23
ucc3	2	6,50	7,72	12,28	15,61
ucc3	3	5,27	6,63	10,92	14,66
ucc4	1	6,08	7,80	12,23	14,92
ucc4	2	5,60	8,27	12,16	15,56
ucc4	3	5,22	7,30	11,12	14,36
al1	1	5,56	7,54	12,62	15,68
al1	2	5,02	8,16	12,69	16,07
al1	3	5,94	8,21	12,08	16,26
al2	1	6,38	8,96	13,09	15,92
al2	2	5,39	7,47	11,90	15,34
al2	3	3,93	7,27	10,53	14,02
al3	1	5,77	8,34	12,20	15,38
al3	2	6,17	7,41	11,87	14,99
al3	3	5,20	6,19	9,73	13,65
al4	1	6,51	7,85	11,68	14,36
al4	2	6,31	8,25	12,92	15,32
al4	3	5,44	6,84	10,96	15,04
test.	1	6,31	8,19	10,69	12,06
test.	2	6,60	8,30	11,05	11,91
test.	3	5,23	6,92	9,15	11,80