

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto  
(*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var.  
*plathyphylla*)**

**Yanê Borges Garcia Gruber**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

**Piracicaba  
2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Yanê Borges Garcia Gruber**  
**Engenheira Florestal**

**Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)**

Orientador:  
Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

**Piracicaba**  
**2006**

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

Gruber, Yanê Borges Garcia

Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto  
(*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*) /  
Yanê Borges Garcia Gruber. - - Piracicaba, 2006.  
144 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Balanço hídrico 2. Eucalipto 3. Irrigação 4. Mudas – Produção 5. Viveiro de planta  
I. Título

CDD 631.7

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

**“Todas as pessoas que chegaram aonde estão, tiveram que começar por onde estavam.”**

Robert Louis Stevenson

**“As pessoas tiram da vida exatamente o que investiram nela.”**

Lair Ribeiro

**“Toda semente traz em si a promessa de muitas florestas, mas a semente não pode ser guardada. Ela precisa doar ao solo fértil, sua intrínseca capacidade de gerar.”**

Deepak Chopra

Aos meus pais,  
Maria Aparecida e Carlos Roberto,  
pela dedicação, respeito e compreensão...  
pelo incentivo, paciência e carinho...  
pelo amor e união, que nos envolve e nos fortalece...  
enfim..., por serem os meus melhores Amigos!...

Ao meu irmão Aritanan, por transparecer seu amor aos estudos...

Aos meus avós (*in memorium*) Zélia e João,  
por serem pessoas evoluídas...

À minha  
avó Ana,  
apesar da  
distância...

**OFEREÇO e DEDICO!!!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela maravilha do viver.

À Universidade de São Paulo, em especial à ESALQ, pela oportunidade, pelo campus.

Ao Departamento de Engenharia Rural (LER/ESALQ), por concretizar o mestrado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Durval Dourado Neto, pela confiança, orientação e amizade.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Stolf Nogueira, pela simpatia e amizade demonstradas no decorrer das análises estatísticas.

Aos professores do LER/ESALQ, Dr. José Antônio Frizzzone, Dr. Rubens Duarte Coelho, Dr. Tarlei Arriel Botrel, Dr. Sérgio Nascimento Duarte, Dr. Décio Cruciani e Dr. Marcos Vinícius Folegatti pelos ensinamentos durante as disciplinas cursadas e nos encontros pelos “corredores”. Aos professores Dr. Ricardo Ferraz Oliveira, Dr. Paulo Sentelhas, Dr. José Luis Stape, assim como aos demais professores da ESALQ que contribuíram de alguma forma com meu mestrado. Aos funcionários Oswaldo, Hélio, Seu Antônio, Gilmar, e às secretárias Davilmar, Sandra (LER/ESALQ/USP) e Bete (LPV/ESALQ/USP), pela atenção e dedicação. Às bibliotecárias Silvia e Eliana, pela prontidão.

À empresa Eucatex S/A, em especial à Divisão Florestal, pela disponibilidade da área experimental, mão-de-obra e fotos. Ao gerente Edward Fagundes Branco e aos supervisores Guilherme de Andrade Lopes, Maria Lúcia Dario e Vitor Luiz de Camargo, por acreditarem neste trabalho, pelo apoio e amizade, assim como aos demais funcionários com os quais me relacionei.

Ao Emerson Pinto de Oliveira, pela confiança, amizade e pelo despertar científico.

Às professoras Dr<sup>a</sup>. Magali Ribeiro da Silva (DRN/FCA/UNESP) e Dr<sup>a</sup>. Carmem Sílvia Fernandes Boaro (IBB/UNESP), pela amizade, ensinamentos e orientações iniciais.

Ao Biólogo Edson Namita Higashi (*in memorium*) e ao Engenheiro Florestal Ronaldo Luiz Vaz de Arruda, por me incentivaram e por promoverem o encontro com meu orientador.

Aos colegas da ESALQ, pela convivência e pelo amadurecimento profissional. Em especial a Antonio Clarette, por mostrar-me o sentido do verdadeiro amor e amizade; Cleomar Ferreira, pela consideração e descontração; Tales, Robson, Pelé, Kumprido, Euro, Claudinei e Tonny pelo carinho e dicas oferecidas; Tadeu Queiroz pelos desafios; Kelte e Hudson, pelo agradável convívio na sala de estudos.

À Pupunha (Andréia Damasceno) pelas risadas, desabafos & afins, durante os meses em que dividimos o mesmo teto e angústias da pós-graduação. A Wirifran, pelo bom humor constante.

A M.Sc. Eliane Gomes Fabri, pela simpatia e pelo auxílio nas análises físicas do substrato.

Ao Fábio (SS-NIMAL), pela amizade e por todos os auxílios prestados na vida. Aos amigos “das antigas”, que deixei um pouco de lado, mas, constantemente presentes nos meus pensamentos...

Aos meus felinos, por tantas alegrias e por me mostrarem que o mundo vai além...

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na realização desta pesquisa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
RÉSUMÉ.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE SIGLAS.....	19
1 INTRODUÇÃO .....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.2 EUCALIPTO NO MUNDO .....	23
2.3 EUCALIPTO NO BRASIL .....	25
2.4 PRODUÇÃO DE MUDAS .....	28
2.4.1 Mercado .....	29
2.4.2 Qualidade .....	29
2.4.3 Avanços na tecnologia de produção .....	30
2.5 IRRIGAÇÃO .....	37
2.5.1 Irrigação em viveiros.....	38
2.5.2 Doenças relacionadas ao manejo hídrico em viveiros.....	43
2.5.3 Irrigação no campo .....	46
2.6 ECOFISIOLOGIA E RELAÇÕES HÍDRICAS.....	49
2.6.1 Fotossíntese .....	51
2.6.2 Transpiração .....	52
2.6.3 Consumo hídrico do eucalipto .....	53
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	58
3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA.....	58
3.2 ESPÉCIES E PRODUÇÃO DAS MUDAS .....	58
3.2.1 Caracterização física do substrato.....	58



3.3 ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÕES .....	61
3.3.1 Experimento 1: verão de 2003 .....	61
3.3.2 Experimento 2: inverno de 2003 .....	62
3.3.3 Experimento 3: verão de 2004 .....	62
3.4 MANEJO DA IRRIGAÇÃO .....	62
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	64
3.6 PARÂMETROS CLIMÁTICOS .....	65
3.7 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS .....	66
3.8 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO .....	66
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
4.1 EXPERIMENTO 1: VERÃO DE 2003 .....	67
4.1.1 Parâmetros climáticos .....	67
4.1.2 Lâmina de irrigação .....	67
4.1.3 Parâmetros morfológicos .....	68
4.1.4 Função de produção .....	84
4.2 EXPERIMENTO 2: INVERNO DE 2003 .....	88
4.2.1 Parâmetros climáticos .....	88
4.2.2 Lâmina de irrigação .....	89
4.2.3 Parâmetros morfológicos .....	90
4.2.4 Função de produção .....	101
4.3 EXPERIMENTO 3: VERÃO DE 2004 .....	104
4.3.1 Parâmetros climáticos .....	104
4.3.2 Lâmina de irrigação .....	105
4.3.3 Parâmetros morfológicos .....	105
4.3.4 Função de produção .....	119
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	123
5 CONCLUSÕES .....	124
REFERÊNCIAS .....	125
APÊNDICES .....	134

## RESUMO

### Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)

Com o objetivo de otimizar a lâmina de irrigação aplicada durante a produção de mudas clonais de eucalipto, por intermédio de avaliações morfológicas, foram conduzidos três experimentos (E1 – verão 2003, E2 – inverno 2003 e E3 – verão 2004) no viveiro de mudas da empresa Eucatex S/A, em pátio de pleno sol, por 56 dias e apresentaram delineamento em blocos casualizados, no esquema de faixas. Os tratamentos constituíram-se de 4 lâminas de irrigação (H0 – testemunha, H1, H2 e H3), aspergidas sobre o dossel e 2 clones (*E. urophylla* x *E. grandis* – CA e *E. urophylla* var. *plathyphylla* – CB). Foram avaliados: diâmetro de caule (DC), altura da parte aérea (HPA), área foliar (AF), massa seca foliar (MSF), caulinar (MSC), da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e total (MST), em função da idade (dias após estaquia) e por meio dos rendimentos na produtividade, proporcionados pelos níveis de lâmina total aplicada. Os parâmetros climáticos coletados foram: temperatura do ar, umidade relativa do ar, evaporação e chuva. Os tratamentos influenciaram no crescimento das mudas. Durante E1, a lâmina irrigada ( $L_I$ ) variou entre 292,54 mm no nível H0 e 65,09 mm no nível H3. Com o acréscimo da chuva (304,6 mm), a lâmina total ( $L_T$ ) aplicada sobre o dossel variou entre 597,14 e 369,69 mm nos níveis H0 e H3, respectivamente. A chuva ocorrida no período influenciou muito na irrigação. O clone CB proporcionou o maior crescimento, sendo a  $L_T$  H2 considerada a mais adequada (426,46 mm). A faixa de água responsável pela máxima produtividade variou entre 369,69 mm (MSR) e 508,22 mm (MSC) para o clone CA e entre 435,49 mm (MSC) e 475,01 mm (HPA) para o clone B. Recomenda-se a aplicação de uma lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ ) em torno de 7,6 mm.dia<sup>-1</sup>. Durante E2, a  $L_I$  variou entre 399,934 mm no nível H0 e 69,92 mm no nível H3. A lâmina de chuva ( $L_C$ ) foi de 55 mm elevando a  $L_T$  para 443,93 e 124,92 mm nos níveis H0 e H3, respectivamente. A irrigação foi a principal fonte de aplicação de água. O clone CA garantiu o maior crescimento, sendo a  $L_T$  do nível H1 (330,75 mm) responsável pelos incrementos superiores. Os pontos de ótimo produtivo foram obtidos com a lâmina máxima ( $L_{max}$ ) entre 328,49 mm (MSF) e 359,69 mm (HPA) para CA e entre 338,47 mm (MSF) e 388,55 mm (DC) para CB. É recomendada a utilização de uma  $L_{DE}$  de 6 mm.dia<sup>-1</sup>. No E3, a  $L_I$  variou entre 402,90 e 69,35 mm para os níveis H0 e H3, respectivamente. A  $L_C$  foi de 235,08 mm. A  $L_T$  variou entre 638,73 mm em H0 e 305,13 mm em H3. O melhor nível de aplicação hídrica foi o H1, com  $L_T$  de 520,47 mm, sendo o CA o clone com maior crescimento. As  $L_{max}$  responsáveis pela maior rentabilidade foram entre 523,48 mm e 564,97 mm, para os parâmetros HPA e DC, respectivamente, no caso do clone CA e entre 511,23 mm (MSR) e 544,24 mm (MSF) para o clone CB. A  $L_{DE}$  recomendada foi em torno de 9,3 mm.dia<sup>-1</sup>. Durante a fase de crescimento, conclui-se que a água aplicada pela testemunha (H0) é maior do que as necessidades hídricas das mudas de eucalipto.

Palavras-chave: crescimento; função de produção; manejo hídrico; viveiro.

## ABSTRACT

### Optimization of irrigation depth in the production of seedlings clone of eucalypts (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)

With the purpose of optimizing the applied irrigation depth during the production of eucalypts (clone seedlings), through morphologic evaluations, three experiments (E1 - summer 2003, E2 - winter 2003 and E3 - summer 2004), during 56 days, were carried out in the nursery forest (opened field) of the Eucatex S/A Company, using randomized blocks statistical design (with sub-plots in strips). The treatments were constituted of 4 irrigation depth (H0 - control, H1, H2 and H3), sprinkled on the canopy and 2 clones (*E. urophylla* x *E. grandis* - CA and *E. urophylla* var. *plathyphylla* - CB). The stem diameter (DC), the height of the aerial part (HPA), the leaf area (AF) and the dry mass of leaf (MSF), stem (MSC), aerial part (MSPA), root (MSR) and total (MST) were evaluated in function of the age (days after cutting) and through the incomes in the productivity, proportionate for the levels of applied total sheet. The collected climatic parameters were: temperature of the air, relative humidity of the air, evaporation and rain. The treatments influenced in the growth of the seedlings. During E1, the irrigated depth ( $L_I$ ) it varied among 292.54 mm in the level H0 and 65.09 mm in the level H3. With the increment of the rain (304.6 mm), the total sheet ( $L_T$ ) applied on the dossal it varied between 597.14 and 369.69 mm in the levels H0 and H3, respectively. The rain happened in the period influenced a lot in the irrigation. The clone CB provided the largest growth, being  $L_T$  considered H2 the most appropriate (426.46 mm). The strip of responsible water for the maxim productivity varied among 369.69 mm (MSR) and 508.22 mm (MSC) for the clone CA and among 435.49 mm (MSC) and 475.01 mm (HPA) for the clone B. the application of a dear daily sheet is Recommended ( $L_{DE}$ ) around 7.6 mm.day<sup>-1</sup>. During E2,  $L_I$  varied among 399.934 mm in the level H0 and 69.92 mm in the level H3. The rain sheet ( $L_C$ ) it was of 55 mm elevating  $L_T$  for 443.93 and 124.92 mm in the levels H0 and H3, respectively. The irrigation was the main source of application of water. The clone CA guaranteed the largest growth, being it  $L_T$  of the level H1 (330.75 mm) responsible for the superior increments. The points of great productive they were obtained with the maximum sheet ( $L_{max}$ ) among 328.49 mm (MSF) and 359.69 mm (HPA) for CA and among 338.47 mm (MSF) and 388.55 mm (DC) for CB. The use of a  $L_{DE}$  of 6 mm.day<sup>-1</sup> is recommended. In E3,  $L_I$  varied between 402.90 and 69.35 mm for the levels H0 and H3, respectively.  $L_C$  was of 235.08 mm.  $L_T$  varied among 638.73 mm in H0 and 305.13 mm in H3. The best level of water application was H1, with  $L_T$  of 520.47 mm, being CA the clone with larger growth. Responsible  $L_{max}$  for the largest profitability were between 523.48 mm and 564.97 mm, for the parameters HPA and DC, respectively, in the case of the clone CA and among 511.23 mm (MSR) and 544.24 mm (MSF) for the clone CB. Recommended  $L_{DE}$  and around 9.3 mm.day<sup>-1</sup>. During the growth phase, it is ended that the applied water for the witness (H0) it is larger than the water needs of the eucalyptus seedlings.

Key words: growth; nursery; production function; water management.

## RÉSUMÉ

### Optimisation de la lame de l'irrigation dans la production de bouture clones des eucalyptus (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* et *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)

En vue de optimiser la lame de l'irrigation appliqué pendant la production des eucalyptus (les boutures clones), par des évaluations morphologiques, trois expériences (E1 - l'été 2003, E2 - l'hiver 2003 et E3 - l'été 2004), pendant 56 jours, ont été effectuées dans la forêt de pépinière (ouvert champ) de la compagnie Eucatex S/A, utiliser des blocs randomisés dessin statistique (avec des tracés secondaires dans les bandes). Les traitements ont été constitués de 4 lame de l'irrigation (H0 - contrôle, H1, H2 et H3), arrosé sur le verrière et 2 clones (E. urophylla x E. grandis - CA et E. urophylla var. plathyphylla - CB). Le diamètre (DC), la hauteur (HPA), la surface de la feuille (AF) et la masse sèche de feuille (MSF), tige (MSC), partie aérienne (MSPA), racine (MSR) et total (MST) ont été évalué en fonction de l'âge (jours après le découpage) et par les revenus dans la productivité, proportionnel pour les niveaux de la lame appliquée. Les paramètres climatiques rassemblés étaient: la température d'air, l'humidité relative d'air, l'évaporation et la pluie. Les traitements ont influencé dans la croissance des boutures. Pendant E1, la lame irrigué ( $L_I$ ) a varié parmi 292,54 mm au niveau H0 et 65,09 mm au niveau H3. Avec l'incrément de la pluie (304,6 mm), la lame total ( $L_T$ ) appliqué sur le dossal elle a varié entre 597,14 et 369,69 mm aux niveaux H0 et H3, respectivement. La pluie passée dans la période a influencé beaucoup dans l'irrigation. Le clone CB ont fourni la plus grande croissance, en étant  $L_T$  ont considéré H2 le plus approprié (426,46 mm). La bande d'eau responsable pour la productivité de la maxime variée parmi 369,69 mm (MSR) et 508,22 mm (MSC) pour le clone CA et parmi 435,49 mm (MSC) et 475,01 mm (HPA) pour le clone CB. L'application d'une lame quotidienne sont recommandée ( $L_{DE}$ ) autour de 7.6 mm.jour<sup>-1</sup>. Pendant E2,  $L_I$  a varié parmi 399,934 mm au niveau H0 et 69,92 mm au niveau H3. La lame de la pluie ( $L_C$ ) elle était de 55 mm élevant la  $L_T$  pour 443,93 et 124.92 mm aux niveaux H0 et H3, respectivement. L'irrigation a été la source principale d'application de l'eau. Le clone CA a garanti le plus grande croissance, en étant la  $L_T$  du niveau H1 (330,75 mm) responsable pour les incréments supérieures. Les points de grand productif ils ont été obtenus avec la lame maximal ( $L_{max}$ ) parmi 328,49 mm (MSF) et 359,69 mm (HPA) pour le CA et parmi 338,47 mm (MSF) et 388,55 mm (DC) pour le CB. L'utilisation d'un  $L_{DE}$  de 6 mm.jour<sup>-1</sup> est recommandé. Dans E3,  $L_I$  a varié entre 402,90 mm et 69,35 mm pour les niveaux H0 et H3, respectivement. La  $L_C$  était de 235,08 mm. La  $L_T$  a varié parmi 638,73 mm dans H0 et 305,13 mm dans H3. Le meilleur niveau de l'application de l'eau a été H1, avec la  $L_T$  de 520,47 mm, étant CA le clone avec plus grande croissance. Les  $L_{max}$  responsable pour la plus grande rentabilité étaient parmi 523,48 mm et 564,97 mm, pour les paramètres HPA et DC, respectivement, dans le cas du clone CA et parmi 511,23 mm (MSR) et 544,24 mm (MSF) pour le clone CB. La  $L_{DE}$  recommandé a été autour de 9.3 mm.jour<sup>-1</sup>. Pendant la phase de croissance, on le finit que l'eau appliquée pour le contrôle (H0) il est plus grand que l'eau a besoin des boutures de l'eucalyptus.

Mots-clé: croissance; fonction de la production; gestion de l'eau; pépinière.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição geográfica de eucalipto no Brasil, principais regiões produtoras.....	27
Figura 2 – Distribuição geográfica de eucalipto no estado de São Paulo .....	27
Figura 3 – Vista do minijardim clonal na forma de canaletão .....	31
Figura 4 – Vista de casa de enraizamento (estufa) .....	31
Figura 5 – Cepa (matriz) com diver-sos brotos para estaquia .....	40
Figura 6 – Miniestaca de eucalipto .....	40
Figura 7 – Miniestacas em tubetes preenchidos com substrato .....	40
Figura 8 – Casa de enraizamento com sistema de irrigação tipo “fogger” em funcionamento.....	41
Figura 9 – Miniestacas de eucalipto enraizadas na estufa .....	41
Figura 10 – Vista da casa-de-vegetação, área de aclimação das mudas.....	41
Figura 11 – Vista dos canteiros a pleno sol, área de crescimento e rustificação das mudas .....	41
Figura 12 – Cilindros preenchidos com substrato durante o processo inicial de saturação.....	60
Figura 13 – Cilindros saturados alocados em mesa de tensão de 10 cm de coluna d’água.....	60
Figura 14 – Agitador mecânico utilizado na análise granulométrica.....	60
Figura 15 – Distribuição granulométrica do substrato, conforme a malha das peneiras .....	60
Figura 16 – Vista parcial do viveiro.....	61
Figura 17 – Vista da área experimental.....	61
Figura 18 – Adubação de cobertura .....	61
Figura 19 – Croqui da área e delineamento experimental .....	65
Figura 20 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> ), massa seca foliar (MSF, g.planta <sup>-1</sup> ), massa seca caulinar (MSC, g.planta <sup>-1</sup> ), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta <sup>-1</sup> ), massa seca radicular (MSR, g.planta <sup>-1</sup> ) e massa seca total (MST, g.planta <sup>-1</sup> ), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de <i>E. urograndis</i> (CA), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 1) .....	69
Figura 21 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> ), massa seca foliar (MSF, g.planta <sup>-1</sup> ), massa seca caulinar (MSC, g.planta <sup>-1</sup> ), massa seca da	

- parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 1) ..... 70
- Figura 22 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 1)..... 85
- Figura 23 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 1)..... 86
- Figura 24 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. urograndis* (CA), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 2) ..... 90
- Figura 25 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 2) ..... 91
- Figura 26 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 2)..... 102

- Figura 27 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 2)..... 103
- Figura 28 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. urograndis* (CA), no intervalo entre 46 e 102 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 3) ..... 106
- Figura 29 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 46 e 102 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 3) ..... 107
- Figura 30 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 102 DAE (Exp 3)..... 120
- Figura 31 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 102 DAE (Exp 3)..... 121
- Figura 32 – Pluviograma acumulado médio mensal de 1958 a 2004, Bofete-SP ..... 135

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de referências em algumas bases de dados disponíveis na Biblioteca Central da Esalq em função das palavras-chave, atualizado em 05 jan. 2006.....	22
Tabela 2 – Área plantada com eucalipto no mundo, em 2000.....	24
Tabela 3 – Área plantada com eucalipto no Brasil, em 2004 .....	26
Tabela 4 – Estimativa do estoque e da produção sustentável nas áreas de eucalipto, por região do Brasil, em 2002 .....	28
Tabela 5 – Nível adequado de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos utilizados na produção de mudas florestais .....	34
Tabela 6 – Teores adequados de nutrientes presentes na folha de mudas de eucalipto.....	35
Tabela 7 – Recomendação da adubação de cobertura (fertirrigação) para diferentes estádios de desenvolvimento das mudas, na época de verão.....	36
Tabela 8 – Período de duração e sistema de irrigação possível de ser empregado nas fases de produção de mudas clonais de eucalipto por miniestaquia .....	43
Tabela 9 – Quantidade aproximada de água utilizada pelo eucalipto para crescimento e transpiração .....	56
Tabela 10 – Produção ( $\text{g.L}^{-1}$ ) de diferentes culturas ou coberturas vegetais.....	56
Tabela 11 – Índice de consumo de água por unidade de biomassa produzida ( $\text{L.g}^{-1}$ ) de espécies arbóreas.....	57
Tabela 12 – Consumo hídrico ( $C_{\text{hídr}}$ ) e eficiência do uso da água ( $Ef_{\text{uso}}$ ) de algumas culturas agrícolas, cerrado e eucalipto .....	57
Tabela 13 – Resultado da análise física do substrato .....	59
Tabela 14 – Estimativa da lâmina irrigada ( $L_{\text{lest}}$ ) em função do tempo proposto de acionamento do sistema de microaspersão ( $t$ ), vazão das linhas ( $q$ ) e espaçamento entre emissores ( $Se$ ) e linhas ( $Sl$ ).....	63
Tabela 15 – Fonte de variação e grau de liberdade do delineamento experimental, apresentado em sua forma fundamental .....	64
Tabela 16 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{\text{max}}$ , °C), média ( $T_{\text{med}}$ , °C) e mínima ( $T_{\text{min}}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\text{max}}$ , %), média ( $UR_{\text{med}}$ , °C) e mínima ( $UR_{\text{min}}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e de chuva ( $C$ , $\text{mm.dia}^{-1}$ ) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 1) .....	67



Tabela 17 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 1).....	68
Tabela 18 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia <sup>-1</sup> ) (Exp 1).....	68
Tabela 19 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 98 DAE.....	71
Tabela 20 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE .....	71
Tabela 21 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE .....	71
Tabela 22 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 98 DAE.....	72
Tabela 23 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para altura, aos 98 DAE.....	72
Tabela 24 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE .....	72
Tabela 25 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE .....	73
Tabela 26 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 98 DAE.....	74
Tabela 27 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE .....	74
Tabela 28 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE .....	74
Tabela 29 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 98 DAE.....	75
Tabela 30 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca foliar, aos 98 DAE .....	75
Tabela 31 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE .....	75
Tabela 32 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE .....	76
Tabela 33 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 98 DAE.....	77
Tabela 34 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca caulinar, aos 98 DAE .....	77
Tabela 35 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE .....	77
Tabela 36 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE .....	78
Tabela 37 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	79
Tabela 38 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	79
Tabela 39 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	79
Tabela 40 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	80
Tabela 41 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 98 DAE .....	81

Tabela 42 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca radicular, aos 98 DAE .....	81
Tabela 43 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE.....	81
Tabela 44 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE.....	82
Tabela 45 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 98 DAE .....	83
Tabela 46 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE.....	83
Tabela 47 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE.....	83
Tabela 48 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 22 e 23 (Exp 1).....	87
Tabela 49 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{max}$ , °C), média ( $T_{med}$ , °C) e mínima ( $T_{min}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{max}$ , %), média ( $UR_{med}$ , °C) e mínima ( $UR_{min}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, mm.dia <sup>-1</sup> ) e de chuva (C, mm.dia <sup>-1</sup> ) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 2) .....	88
Tabela 50 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 2).....	89
Tabela 51 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia <sup>-1</sup> ) (Exp 2).....	89
Tabela 52 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 98 DAE.....	92
Tabela 53 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE .....	92
Tabela 54 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE .....	93
Tabela 55 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 98 DAE.....	93
Tabela 56 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE .....	94
Tabela 57 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE .....	94
Tabela 58 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 98 DAE.....	95
Tabela 59 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE .....	95
Tabela 60 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE .....	95
Tabela 61 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 98 DAE.....	96
Tabela 62 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE .....	96
Tabela 63 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE .....	96
Tabela 64 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 98 DAE.....	97

Tabela 65 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE .....	97
Tabela 66 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE .....	97
Tabela 67 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	97
Tabela 68 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	98
Tabela 69 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE .....	98
Tabela 70 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 98 DAE .....	98
Tabela 71 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE .....	99
Tabela 72 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE .....	99
Tabela 73 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 98 DAE .....	99
Tabela 74 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE .....	99
Tabela 75 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE .....	100
Tabela 76 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 26 e 27 (Exp 2) .....	101
Tabela 77 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{max}$ , °C), média ( $T_{med}$ , °C) e mínima ( $T_{min}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{max}$ , %), média ( $UR_{med}$ , %), e mínima ( $UR_{min}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, mm.dia <sup>-1</sup> ) e de chuva (C, mm.dia <sup>-1</sup> ) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 3) .....	104
Tabela 78 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 3) .....	105
Tabela 79 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia <sup>-1</sup> ) (Exp 3) .....	105
Tabela 80 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 102 DAE .....	108
Tabela 81 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para diâmetro de caule, aos 102 DAE .....	108
Tabela 82 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 102 DAE .....	108
Tabela 83 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE .....	109
Tabela 84 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 102 DAE .....	110
Tabela 85 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 102 DAE .....	110
Tabela 86 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 102 DAE .....	110

Tabela 87 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 102 DAE.....	111
Tabela 88 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 102 DAE .....	111
Tabela 89 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 102 DAE .....	111
Tabela 90 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 102 DAE.....	112
Tabela 91 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 102 DAE .....	112
Tabela 92 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 102 DAE .....	112
Tabela 93 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 102 DAE.....	113
Tabela 94 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca caulinar, aos 102 DAE .....	113
Tabela 95 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 102 DAE .....	113
Tabela 96 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 102 DAE ..	114
Tabela 97 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE .....	114
Tabela 98 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE .....	115
Tabela 99 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE .....	115
Tabela 100 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE .....	116
Tabela 101 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 102 DAE .....	116
Tabela 102 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 102 DAE.....	117
Tabela 103 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 102 DAE .....	117
Tabela 104 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 102 DAE .....	117
Tabela 105 – Teste dos efeitos da interação lâmina <i>versus</i> clone para massa seca total, aos 102 DAE .....	117
Tabela 106 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 102 DAE.....	118
Tabela 107 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 102 DAE.....	118
Tabela 108 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 30 e 31 (Exp 3).....	122

## LISTA DE SIGLAS

- C – clone
- CA – clone *E. urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*)
- CB – clone *E. plathyphylla* (*E. urophylla* var. *E. plathyphylla*)
- Da – massa específica ( $\text{g.cm}^{-3}$ )
- DAE – dias após estaquia
- Ea<sub>10</sub> – espaço preenchido com água, em mesa de tensão de 10 cm de coluna d'água (%)
- Ea<sub>50</sub> – espaço preenchido com água, em mesa de tensão de 50 cm de coluna d'água (%)
- EPT – espaço poroso total (%)
- Erro p – erro padrão
- Exp - experimento
- GL – grau de liberdade
- GL<sub>d</sub> – grau de liberdade do denominador
- GL<sub>n</sub> – grau de liberdade do numerador
- H – manejo hídrico; tratamento hídrico
- H0 – nível de manejo hídrico (testemunha)
- H1 – nível de manejo hídrico
- H2 – nível de manejo hídrico
- H3 – nível de manejo hídrico
- L<sub>C</sub> – lâmina de chuva precipitada sobre o dossel (mm)
- L<sub>DE</sub> – lâmina diária estimada (mm)
- L<sub>I</sub> – lâmina irrigada sobre o dossel (mm)
- L<sub>Iest</sub> – estimativa da lâmina irrigada sobre o dossel (mm)
- L<sub>max</sub> – lâmina ótima para obtenção do ponto de máximo produtivo
- L<sub>T</sub> – lâmina total aplicada sobre o dossel (mm)
- Pa<sub>10</sub> – massa da amostra de substrato após drenagem em mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água (g)
- Pa<sub>50</sub> – massa da amostra de substrato após drenagem em mesa de tensão a 50 cm de coluna d'água (g)
- q – vazão dos emissores ( $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ )
- Se – espaçamento entre emissores (m)
- Sl – espaçamento entre linhas de irrigação (m)
- t – tempo de acionamento do sistema de irrigação (h)
- Trat – tratamento

## 1 INTRODUÇÃO

É notório que a rapidez da expansão tecnológica apresentada no mundo globalizado atingiu inclusive o setor florestal. A partir do início do século passado, com a introdução do eucalipto, a revolução industrial, o desenvolvimento de pesquisas e a investigação de novas tecnologias e produtos, a expansão vem se mostrando constante.

As questões ambientais estão cada vez mais preocupantes e conflitantes. O aumento populacional e industrial é responsável pela extinção de espécies e pela exaustão e poluição de recursos naturais. Apesar de possuir uma das legislações ambientais mais restritivas, o Brasil ainda é deficiente na preservação de seus recursos. As exigências ao cumprimento às normas estão colaborando para que se efetivem modificações no manejo produtivo, em especial, nos setores industrial e agrícola.

Após a implementação da Lei Federal 9.433/97, um dos problemas ambientais mais discutidos se refere ao gerenciamento, planejamento e utilização dos recursos hídricos. A água, apesar de ocupar cerca de 70% da superfície do planeta é um recurso limitado, menos de 1% desse total é considerado doce, e, não totalmente aproveitado por questões de inviabilidade técnica, econômica, financeira e de sustentabilidade ambiental.

A irrigação é a principal responsável pelo consumo de água do planeta, apresentando valores em torno de 60%. Em 1990 a área irrigada no mundo representava 17% de toda área cultivada, respondendo por 40% da produção agrícola; algumas estimativas demonstram que, nos próximos 50 anos, 150 milhões de hectares serão adicionados às áreas atualmente irrigadas, sendo cerca de 10%, no Brasil. Apesar da alta captação, a implantação da irrigação pode satisfazer apelos sociais. Quando fundamentada em bases técnicas e práticas adequadas de manejo, a irrigação é capaz de aumentar a produtividade agrícola, contrabalançando as diferenças teorizadas por Malthus, “a produção de alimentos cresce em progressão aritmética enquanto que a população cresce em progressão geométrica”.

No setor florestal, a irrigação, apesar de necessária em algumas etapas, apresenta poucos dados sobre sua quantificação e qualificação. Entretanto, assim como na agricultura, é capaz de incorporar uma gama de vantagens ao produto final.

Por décadas, o manejo hídrico foi essencial no processo de produção das mudas e indicado no plantio, entretanto, na maioria das vezes era realizado de forma empírica, resultando em produtividade aquém do potencial genético e o favorecimento de doenças, além do desperdício de

água, energia e nutrientes; o que caracterizou publicamente o sistema como de baixa eficiência. Fatores como as facilidades alcançadas no gerenciamento e planejamento das atividades do viveiro, na qualidade das mudas e nos possíveis incrementos de produtividade vêm motivando empresas e instituições públicas a investirem em pesquisas envolvendo as relações hídricas de algumas espécies com a finalidade de extrair os benefícios da irrigação, da produção das mudas a aplicação de lâminas durante o desenvolvimento dos talhões.

Muitos mitos circundam os impactos ambientais associados ao cultivo de eucalipto, como por exemplo, a polêmica questão de que o gênero pode exaurir as reservas hídricas do solo. Resultados, em viveiro e no campo, estão evidenciando que a demanda hídrica por planta é realmente elevada, pois, trata-se de uma cultura perene, de rápido crescimento e grande copa. Porém, pode ser inferior à necessidade de algumas espécies arbóreas, inclusive nativas, e que, a eficiência de utilização da água tem se mostrado maior do que a apresentada por espécies cultivadas. Devido ao grande número de espécies, alguns genótipos consomem mais água do que outros, apresentando um grau maior ou menor de aptidão à produção em determinado local.

Os experimentos, complexos e pontuais, devem ser fundamentados na relação solo-água-planta-atmosfera. Perante o vegetal, da água total absorvida, cerca de 5% é destinada à manutenção do metabolismo e o restante é transpirado. Os níveis ótimos de aplicação de água devem ser suficientes para suprir as necessidades da planta e proporcionar o máximo crescimento. No meio florestal, a maioria dos estudos enfatiza o desempenho de parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas em resposta a níveis hídricos, porém sem focar dados operacionais do sistema de irrigação.

Em função do empirismo adotado por grande parte dos viveiros comerciais, estima-se que o volume de água aplicado durante a fase de crescimento esteja além das necessidades hídricas das mudas de eucalipto, ocasionando prejuízos econômicos e ambientais quanto ao consumo de água e energia elétrica, além do prejuízo ao desenvolvimento das plantas, entre outros.

Como hipótese, afirma-se que existe uma lâmina total ótima de água, correspondente a uma produtividade máxima, em que a falta ou o excesso hídrico afeta o crescimento de plantas. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo otimizar a lâmina total de água aplicada durante a fase de crescimento de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*), em um viveiro comercial (na região de Bofete-SP), por intermédio da mensuração dos parâmetros morfológicos em função das condições climáticas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pesquisa bibliográfica

Tabela 1 – Número de referências em algumas bases de dados disponíveis na Biblioteca Central da Esalq em função das palavras-chave, atualizado em 05 jan. 2006

<b>Palavra-chave</b>	<b>Forma de entrada</b>	<b>Base de dados</b>	<b>Número</b>
Eucalipto	eucal?	DEDALUS ESALQ	1.455
	eucal*	Web of Science	8.620
Viveiro	viveiro? or nurser?	DEDALUS ESALQ	127
	nurser*	Web of Science	9.810
Muda	muda? or seedling?	DEDALUS ESALQ	1.441
	seedling*	Web of Science	53.237
Irrigação	irrig?	DEDALUS ESALQ	> 2.000
	irrig*	Web of Science	34.305
Eucalipto x Viveiro	eucal? and viveiro? or nurser?	DEDALUS ESALQ	50
	eucal* and nurser*	Web of Science	83
Eucalipto x Muda	eucal? and muda? or seedling?	DEDALUS ESALQ	172
	eucal* and seedling*	Web of Science	855
Eucalipto x Irrigação	eucal? and irrig?	DEDALUS ESALQ	12
	eucal* and irrig*	Web of Science	161
Eucalipto x Viveiro x Irrigação	eucal? and viveiro? or nurser? and irrig?	DEDALUS ESALQ	0
	eucal* and nurser* and irrig*	Web of Science	3
Eucalipto x Muda x Irrigação	eucal? and muda? and irrig?	DEDALUS ESALQ	3
	eucal* and seedling* and irrig*	Web of Science	21

Observa-se um grande número de pesquisas em torno do eucalipto, da produção de mudas e da irrigação, porém, quando investigamos mais profundamente as questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos no manejo produtivo da cultura, através de inter-relações específicas, verificamos o afinilamento dos dados, ressaltando a importância de novos estudos.



## 2.2 Eucalipto no mundo

As espécies de eucalipto são originadas quase que totalmente da Austrália. Cozzo (1955) cita que a primeira espécie reconhecida oficialmente foi o *Eucalyptus obliqua*, com a qual se definiu, por volta de 1788, o gênero *Eucalyptus* (L'Herit), que devido às suas características foi incluído na família botânica *Myrtaceae*. “As plantas jovens apresentam folhas opostas e geralmente sésseis e, quando adultas, alternas e elípticas. As flores ocorrem em inflorescências axilares do tipo panícula ou umbela. Os frutos são característicos, do tipo cápsulas lenhosas com opérculo apical (pixídio)” (BONA; BOEGER; SANTOS, 2004, p. 30). “El término Eucalyptus significa en griego ‘cubro bien’, por el hecho de que los opérculos de los botones florales cubren a sus flores mucho mejor que en los otros géneros de plantas”<sup>1</sup> (COZZO, 1955, p. 31).

Conforme Eldridge et al. (1994), o eucalipto é normalmente cultivado nas regiões situadas entre as latitudes 45°S e 40°N. As capacidades produtivas do gênero são de grande valor nos trópicos e subtropicais, tendo sua importância aumentada nas latitudes médias e baixas.

O número total de espécies é vasto, contudo os valores apresentados na literatura são distintos devido à descoberta de novas qualidades e da realização de cruzamentos híbridos. Andrade (1961) cita haver 600 classes taxonômicas divididas em 7 subgêneros. Oliveira (2001) relata que o gênero engloba cerca de 720 espécies e subespécies, “com genótipos adaptados às mais variadas condições de solo e clima” (SILVA, J., 2003, p. 119).

Muitas espécies podem crescer em lugares de fertilidade muito baixa, especialmente naqueles com carência de nitrogênio e de fósforo. Contudo, o desempenho das plantas em um local particular é resultado de uma interação entre fatores genéticos, climáticos, edáficos, físicos e biológicos (FAO, 1989).

Para Stape et al. (2004a), a produtividade das plantações tropicais de eucalipto é geralmente restringida em função das condições edáficas (como fertilidade do solo), climáticas (como seca) ou competitivas (por exemplo, com plantas daninhas).

A Companhia Paulista de Estradas de Ferro (2005) cita que o uso de espécies em local inadequado pode levar a uma produtividade inferior ao potencial da região, elevar a susceptibilidade a pragas e a doenças e produzir madeira com características impróprias. “Para algumas zonas os eucaliptos podem não ser apropriados; para outras, pelo contrário, o seu cultivo

---

<sup>1</sup> O termo *Eucalyptus*, em grego, significa “bem coberto”, para o fato de que as calíptas cobrem as flores desse gênero melhor do que em outras plantas.

poderá ser muito útil” (FAO, 1989, p. 26). Em países com pouca disponibilidade hídrica como Espanha, Itália, Israel e Marrocos, grandes áreas estão sendo utilizadas, sem problemas, para o plantio de eucalipto (GOLFARI, 1975). No caso de Israel, áreas de deserto, cultivadas com eucalipto durante 20 ou 30 anos estão sendo utilizadas para agricultura, devido ao aporte de matéria orgânica no solo (KAPLAN, 1983).

Em vários países, o eucalipto é considerado como uma alternativa de plantio, contribuindo principalmente na redução da pressão sobre os desmatamentos de florestas nativas. As árvores jovens são fonte de lenha e carvão, postes e moirões, polpa de celulose e painéis de madeira, principalmente; enquanto que as árvores maduras fornecem madeira forte e durável com ampla utilização na construção civil, na fabricação de móveis e demais setores que utilizam madeira maciça. Algumas espécies apresentam potencialidades, como óleos voláteis, mel e ornamentação. A necessidade de produtos florestais deve ser balanceada com o efeito sobre os recursos naturais, que podem ser essenciais para a população local.

Para a industrialização, o corte do eucalipto ocorre geralmente aos sete anos de idade, em um regime que permite até três rotações sucessivas e econômicas (TEIXEIRA, 2002). Reis e Reis (1997) relatam a grande capacidade de regeneração do gênero, e citam que a taxa de crescimento das brotações, na fase inicial, é elevada em comparação ao crescimento das mudas. No entanto, em rotações subseqüentes, muitas florestas apresentam decréscimo de produtividade. Silveira et al. (2001) expuseram a produtividade média de  $28 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  na primeira rotação e, de  $21$  e  $17,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , para a segunda e terceira rotações, respectivamente.

Segundo Silva e Matos (2003), na década de 1990 havia mundialmente cerca de 6 milhões de hectares com reflorestamentos de eucalipto, sendo que a metade da área estava localizada no Brasil. Em 1998, a área cultivada foi de 13,6 milhões de hectares, principalmente em decorrência dos novos plantios realizados em países asiáticos como a Índia (35%), a China (5%) e a Austrália (2%), porém, a participação nacional foi reduzida a 21% do total (MORA; GARCIA, 2000). Em 2000, Oliveira (2001) evidenciou uma área de quase 9 milhões de hectares (Tabela 2).

Tabela 2 – Área plantada com eucalipto no mundo, em 2000

<b>País</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>País</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>País</b>	<b>Área (ha)</b>
Brasil	2.967.000	Espanha	550.000	Argentina	242.000
Índia	2.670.000	Chile	350.000	Vietnã	202.000
África do Sul	557.000	Austrália	297.000	Uruguai	176.000
Portugal	550.000	China	274.000	Total	8.835.000

Fonte: Oliveira (2001).

Conforme projeções apresentadas por Silva e Matos (2003), em cinco décadas a população mundial passará de 6 para 9,5 bilhões de habitantes e o consumo de madeira subirá quase que na mesma proporção do crescimento populacional. Atualmente o consumo médio mundial é de  $0,67 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1} \cdot \text{pessoa}^{-1}$  com um crescimento estimado entre 1,2 a 3,4% ao ano. O Brasil consome aproximadamente 350 milhões de  $\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ , o que representa 8% do consumo mundial. De acordo com Stape et al. (2004b), as plantações tropicais de eucalipto clonal são conhecidas como as florestas mais produtivas do mundo, entretanto, os mecanismos que controlam o crescimento e modulam a produtividade começaram a ser investigados intensamente nos últimos anos.

Em termos de incremento anual de madeira, Eldridge et al. (1994) apresentam, em ordem decrescente de importância, as 10 espécies mais utilizadas mundialmente: *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. saligna*, *E. deglupta*, *E. exserta*, *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. robusta*.

### **2.3 Eucalipto no Brasil**

Acredita-se que os primeiros plantios de eucalipto no Brasil tenham ocorrido em 1868, no Rio Grande do Sul, por Frederico de Albuquerque e concomitantemente por Pereira da Cunha no Rio de Janeiro, com fins ornamentais. Porém, o reconhecimento pela introdução econômica da cultura foi creditado a Navarro de Andrade, ao iniciar, por volta de 1904, pesquisas comparativas entre espécies de eucalipto e espécies nativas para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro. As primeiras mudas foram produzidas a partir de uma coleção de sementes trazidas de Portugal e outras coletadas no estado de São Paulo, em árvores que serviam de abrigo, quebra-vento e ornamentação. Os resultados iniciais foram publicados em 1910 e aconselhavam a utilização do eucalipto na produção de lenha, dormentes, postes e moirões, devido ao seu rápido crescimento e por apresentar grande resistência às intempéries. Por intermédio das potencialidades de uso, os plantios foram incorporados gradativamente ao cenário florestal brasileiro (ANDRADE, 1961; SAMPAIO, 1975). Conforme a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (2005), entre 1904 e 1919, Navarro de Andrade introduziu um total de 144 espécies. A partir da década de 50, o eucalipto passa a ser produzido, como matéria-prima, para o abastecimento de fábricas de papel e celulose (TOMASELLI, 2004a) e painéis de madeira.

A partir de 1966, com a promulgação da Lei nº 5.106/66, os trabalhos florestais se dinamizaram, devido ao estímulo concedido pelo governo Castelo Branco, que permitiu o

investimento em reflorestamentos, por parte das pessoas físicas e jurídicas, até o limite de 50% do imposto de renda devido. O setor florestal ganhou uma poderosa fonte para estimular o plantio em larga escala e proporcionar a geração de recursos financeiros suficientes para financiar a expansão da indústria de base florestal (PEREIRA, 2002).

Os plantios estavam se expandindo principalmente para a região do cerrado, onde, em certas áreas, além da limitação de fertilidade do solo, a distribuição e a quantidade das chuvas concorriam para o menor crescimento e o considerável grau de mortalidade, particularmente de mudas recém-plantadas (FAÇANHA et al., 1983). Em consequência às políticas de contenção de gastos do setor público, os incentivos fiscais foram extintos em 1988 (EMBRAPA, 2005).

Conforme a Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS (2005), em 2000 a área cultivada com eucalipto estava em torno dos 3 milhões de ha, representando 61,7% dos reflorestamentos brasileiros e 33,6% dos plantios com o gênero em todo o mundo. Mais atual, a SBS (2005<sup>2</sup> apud LEITE, 2005) evidenciou que em 2004 os reflorestamentos com a cultura ocupavam cerca de 3,4 milhões de ha (Tabela 3), sendo que, de acordo com a AMS (s.d. apud INSTITUTO FNP, 2006), 167.198 ha foram reflorestados durante o ano de 2004. Dentre as espécies mais utilizadas, Silva e Matos (2003) citam: *Eucalyptus grandis* (55%), *E. saligna* (17%), *E. urophylla* (9%), *E. viminalis* (2%), híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (11%) e outras espécies (6%).

Tabela 3 – Área plantada com eucalipto no Brasil, em 2004

<b>Estado</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Estado</b>	<b>Área (ha)</b>
Amapá	61.000	Pará	46.000
Bahia	390.000	Paraná	105.000
Espírito Santo	203.000	Roraima	5.000
Goiás	18.000	Rondônia	116.000
Maranhão	67.000	Santa Catarina	42.000
Mato Grosso	4.000	São Paulo	612.000
Mato Grosso do Sul	113.000	Tocantins	3.000
Minas Gerais	1.500.000	Outros estados	106.000
		Total	3.391.000

Fonte: SBS<sup>2</sup> (2005) apud Leite (2005).

A maior parte dos talhões está localizada nas regiões Sudeste e Sul do país (Figura 1), sendo que os estados de Minas Gerais e São Paulo (Figura 2) são responsáveis por quase 63% da área total. “A impressionante demanda de eucalipto em Minas Gerais exige o plantio de uma área

<sup>2</sup> SBS. Fatos e números do setor florestal brasileiro. São Paulo, 2005.

anual superior a três mil quilômetros quadrados, que corresponde à soma dos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro e mais a baía de Guanabara” (GUIMARÃES, 2006).

“Hoje, as plantações do vegetal atendem apenas um terço da demanda de madeira no país” (INABALÁVEIS ..., 2005, p.9). Conforme estimativas de Tomaselli (2004b), até 2020 espera-se um crescimento médio de 2% a.a. nas áreas reflorestadas com eucalipto no país. Em São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia as áreas atuais serão replantadas e estes continuarão sendo os principais representantes em área cultivada. Na região Norte a expansão deverá ocorrer principalmente nos estados de Amapá, Pará e Maranhão. Quanto à produção de madeira, as projeções indicam para 2020, índices próximos a 150 milhões de  $m^3 \cdot ano^{-1}$ .

Silva e Matos (2003) relatam que no caso específico do Brasil, o eucalipto possui um caráter estratégico, uma vez que sua madeira é responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial florestal. “As indústrias que utilizam o eucalipto como matéria-prima para a produção de papel, celulose e derivados de madeira representam 4% do Produto Interno Bruto (PIB) Brasileiro, 8% das exportações, e geram cerca de 150 mil empregos” (ESTUDOS ..., 2003, p. 123).

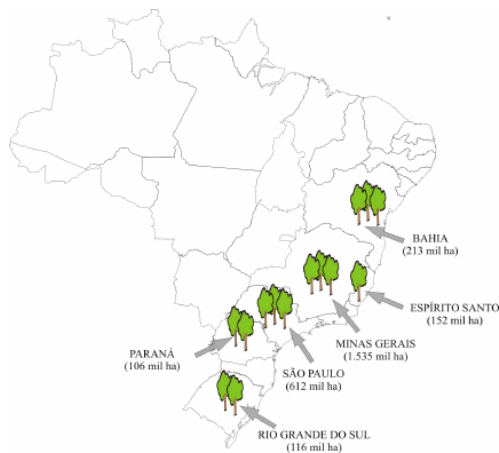


Figura 1 – Distribuição geográfica de eucalipto no Brasil, principais regiões produtoras (TOMASELLI, 2004a)

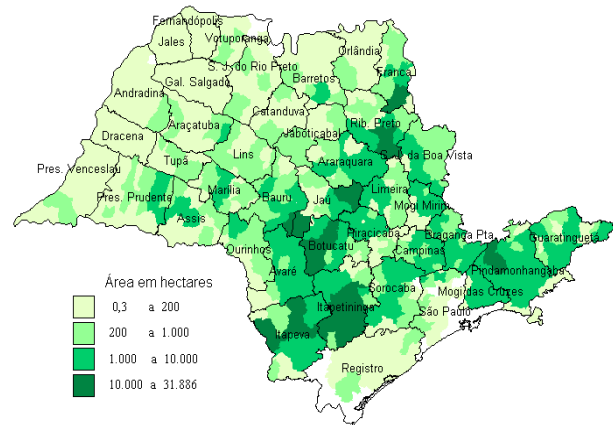


Figura 2 – Distribuição geográfica de eucalipto no estado de São Paulo (COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL, 2005)

Segundo Tomaselli (2004a), embora o consumo de madeira de eucalipto nos últimos anos não tenha alcançado a capacidade de produção dos bosques, a taxa de crescimento no consumo tem sido substancialmente maior do que as áreas plantadas. A Tabela 4 apresenta a produção de madeira de eucalipto a partir dos reflorestamentos existentes e os estoques estimados por região.

Tabela 4 – Estimativa do estoque e da produção sustentável nas áreas de eucalipto, por região do Brasil, em 2002

Região	Estoque (1.000 m <sup>3</sup> )	Produção sustentável (1.000 m <sup>3</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Sul	47.520	7.920
Sudeste	441.408	73.568
Centro Oeste	25.872	4.312
Nordeste	58.560	9.760
Norte	9.744	1.624
Total	583.104	97.184

Fonte: Tomaselli (2004a).

As plantações de eucalipto do Brasil estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo, cobrindo milhares de hectares e produzindo usualmente mais de 40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de madeira (IPEF, 2006). A produtividade média brasileira é a maior do mundo (SILVA; MATOS, 2003), entretanto, os plantios tradicionais (semente) apresentam 30 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, enquanto que os clonais apresentam 60 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (SILVA, J., 2003). Mora e Garcia (2000) relatam que a exploração da mata nativa tropical gera 40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madeira aproveitável, enquanto que o eucalipto pode produzir mais de 800 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> aos 21 anos, após 3 cortes. As altas taxas de produtividade do eucalipto são possíveis devido à silvicultura intensiva, incluindo seleção genética de árvores superiores, propagação clonal, preparo intensivo do solo, fertilização, irrigação (IPEF, 2006) e clima.

## 2.4 Produção de mudas

Por decorrência ao aumento das áreas reflorestadas cresce a demanda por mudas de qualidade, com um baixo custo de produção e em curto espaço de tempo. Reis; Reis e Maestri (1988) citam que o fato tem favorecido a rápida evolução das técnicas de preparo, que segundo Wendling e Gatto (2002), permitiram a formação de talhões mais homogêneos e produtivos, com genótipos mais adaptados às condições ambientais adversas, colaborando para o crescimento do volume de madeira disponível no Brasil. Conforme EMBRAPA (2005), a qualidade dos plantios depende da utilização de mudas saudáveis, com bom diâmetro de colo e raízes bem formadas, dentre outras características, para garantir um alto índice de sobrevivência no plantio, uma maior resistência a estresses e um crescimento inicial vigoroso.

A produção das mudas deve primar pela qualidade aliada à racionalização do uso dos recursos disponíveis. Silva, M. (2003) relata a necessidade de redefinição de procedimentos de

manejo, principalmente o hídrico, para viabilizar a qualidade final das mudas e se adequar às normas de qualidade ambiental. Alfenas et al. (2004) citam que as condições específicas de manejo exercem influência direta na produtividade do viveiro e na qualidade final das mudas, o que refletirá na sobrevivência, na uniformidade e no arranque inicial das plantas no campo. Os controles da irrigação, da temperatura e da luminosidade são fundamentais para o sucesso do enraizamento das estacas; cerca de 5 a 10% das estacas enraizadas são perdidas até a expedição.

#### **2.4.1 Mercado**

Observou-se uma deficiência na disponibilidade de estatísticas quanto ao número de mudas produzidas. Silva, M. (2003) evidencia que para o estabelecimento de bons povoamentos florestais, além da qualidade das mudas, a quantidade produzida também é essencial. De acordo com a SBS (2006), estima-se que a área plantada em 2005 variou entre 370 mil a 400 mil ha, sendo assim, a produção de mudas seria da ordem de 550 a 600 milhões. Guimarães (2006) cita que em 2005 as empresas mineiras tenham plantado e comercializado 280 milhões de unidades, e que a safra dos próximos dois anos está praticamente vendida. Apesar destes números, muitos profissionais ressaltam que não há matéria-prima suficiente para atender à demanda das indústrias, o que pode resultar em um possível “apagão” florestal nos próximos anos.

#### **2.4.2 Qualidade**

A classificação das mudas produzidas em recipientes não se encontra plenamente definida. A falta de padronização de procedimentos e de critérios para a avaliação da qualidade faz com que as empresas empreguem padrões próprios, fundamentadas em observações empíricas, onde são investigados: densidade, altura e diâmetro mínimo de colo de acordo com as dimensões dos recipientes utilizados (SILVA, M., 2003). Segundo Alfenas et al. (2004) há a necessidade de incluir características do sistema radicular, como quantidade, qualidade e distribuição de raízes.

A qualidade é resultante de uma interação entre numerosas características que controlam as possibilidades de desenvolvimento das plantas. Uma muda considerada de boa qualidade para determinada região pode não ser apropriada para outra; o conceito não é absoluto, é influenciado pela espécie, nutrição e época de produção (RUBIRA; BUENO<sup>3</sup>, 1996 apud SILVA, 1998).

---

<sup>3</sup> RUBIRA, J.L.P.; BUENO, L.O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica Centro de Publicaciones, 1996. 189 p.

Guerreiro e Colli Júnior (1984) sugeriram que mudas de *Eucalyptus urophylla* e *E. saligna* deveriam apresentar: diâmetro mínimo de colo de 2 mm, altura entre 15 e 35 cm, sem problemas fitossanitários aparentes, raiz pivotante normal, parte aérea sem bifurcações e com três pares de folhas no mínimo, haste sem tortuosidade acentuada e alto grau de rustificação para serem consideradas aptas para plantio.

Alfenas et al. (2004) apresentam: i) altura entre 20 e 35 cm; ii) diâmetro do coleto  $\geq 4$  mm; iii) 4 ou mais pares de folhas completamente expandidas; iv) ausência de sintomas aparentes de doenças no caule, folhas e raízes; v) ausência de sintomas de desequilíbrio nutricional; vi) sistema radicular contendo pelo menos 4 raízes, bem distribuídas na periferia da estaca e com alta atividade fisiológica, evidenciada pela coloração branca das radículas. Deve-se evitar mudas com sintomas de enovelamento, geotropismo negativo de raízes e, ou com problemas de agregação do substrato; vii) grau de maturidade parcial do tecido foliar e caulinar; viii) não podem permanecer por longos períodos à espera do plantio, normalmente as mudas podem ser expedidas entre 70 e 80 dias; ix) apenas uma haste principal; e x) sem danos mecânicos.

### **2.4.3 Avanços na tecnologia de produção**

#### **2.4.3.1 Propagação**

A produção de mudas tem sido realizada pelo método sexuado, por meio de sementes, ou assexuado, por meio de propagação vegetativa (HIGASHI; SILVEIRA, 2005).

As primeiras iniciativas de clonagem do eucalipto datam de meados do século passado. Porém, Andrade (1961) relata que até àquele ano, a formação das mudas no Brasil só era possível a partir de sementes, uma vez que os experimentos com estaquia geravam resultados negativos, mesmo quando à utilizavam hormônios. As tentativas de clonagem a partir de árvores adultas só começaram a ser bem sucedida no início da década de 70 (ALFENAS et al., 2004).

Higashi; Silveira e Gonçalves (2000) citam que os reflorestamentos clonais comerciais foram iniciados na República Popular do Congo, em 1975, por intermédio do plantio de 3.000 ha de florestas. No Brasil, a produção massal de mudas clonais começou em 1979, na região litorânea do Espírito Santo e se estendeu para outras regiões. Inicialmente a produção de mudas clonal demandava uma área relativamente grande (macro-jardim), sendo o espaçamento entre as touceiras de 3 x 3 m. A base das macroestacas era tratada com hormônios de enraizamento.



Somente a partir da década de 1980 o processo de estaquia passou a ser expressivo na silvicultura brasileira. A adoção de técnicas como desrama, fertirrigação e erradicação de plantas invasoras, permitiram que a área do jardim clonal fosse reduzida a  $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$ .

Atualmente, uma forma usual de mini-jardim clonal é composta por canaletões de fibrocimento, preenchidos com cascalho e areia (Figura 3). Os ápices caulinares são coletados das matrizes (ortetes) e colocados para enraizar nos recipientes, em ambiente protegido, no caso estufas (Figura 4). As miniestacas apresentam melhor enraizamento do que as macroestacas. Conforme Silveira et al. (2001), nos anos 90, o rejuvenescimento proporcionado pela propagação *in vitro* (microestaquia), levou a uma nova concepção de jardim clonal.



Figura 3 – Vista do minijardim clonal na forma de canaletão



Figura 4 – Vista de casa de enraizamento (estufa)

#### 2.4.3.2 Recipientes

Durante a década de 20, as mudas eram produzidas em torrão paulista preenchido com solo, um método demorado e de difícil manuseio dos recipientes. Segundo Andrade (1961), nesse sistema, a cada irrigação, o volume de água indicado para 700 mudas era equivalente a 10 L, ou seja,  $14,3 \text{ mL} \cdot \text{muda}^{-1}$ , aplicados pela manhã e à tarde.

No final da década de 60, o impulsionamento do setor florestal levou ao desenvolvimento de embalagens mais dinâmicas, como as confeccionadas em bambu, laminados e resinas fenólicas. A necessidade de produção de uma grande quantidade de mudas em um curto espaço de tempo fez surgir, posteriormente, as embalagens na forma de sacos plásticos e bandejas de isopor, que apesar do alto custo, foram amplamente utilizadas em virtude ao seu fácil manuseio. Todavia, os sacos plásticos apresentam ainda o possível envelhecimento do sistema radicular e a exigência de cuidados especiais no transporte e plantio das mudas.

A partir da década de 80, a produção de mudas tornou-se mais otimizada com o surgimento e adoção maciça de recipientes na forma de tubetes plásticos. As principais vantagens deste

método é seu fácil manuseio em decorrência ao reduzido tamanho, proporcionando um decréscimo na quantidade de substrato utilizado por muda produzida e aumentando produção anual de mudas por área do viveiro.

Stape (1989) cita que o volume dos tubetes ( $50 \text{ cm}^3$ ) é sete vezes menor do que o apresentado por sacos plásticos ( $350 \text{ cm}^3$ ). Por conseguinte, os tubetes apresentam dois problemas com relação ao suprimento hídrico: i) o pequeno reservatório para o armazenamento de água e ii) as colunas curtas de substrato, que retém muita água, afetando a drenagem (FONTENO, 1993; MILKS; FONTENO; LARSON, 1989). Nesse caso, as raízes dispõem de um pequeno volume a explorar, tornando as propriedades físicas e químicas do meio de cultivo características de grande importância (SALVADOR, 2000). Segundo Ansorena Miner (1994), o reduzido volume de substrato implica na maior exigência das propriedades físicas de aeração e retenção de água quando comparado ao solo mineral. A reserva de água disponível em tubetes preenchidos por substrato orgânico é de 15 g contra as 40 g em sacos plásticos com substrato mineral (STAPE, 1989). Os tubetes e os sacos plásticos conseguem reter no máximo 30 e 100 mL de água, respectivamente (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Alfenas et al. (2004) citam dentre as formas apresentadas, que os tubetes em forma de tronco de pirâmide permitem melhor drenagem e facilitam a remoção das mudas no ato de plantio, provocando o mínimo possível de danos ao sistema radicular.

#### **2.4.3.3 Substratos**

O termo substrato é definido como um meio físico, natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas que crescem em um recipiente com volume limitado (BALLESTER-OLMOS, 1992). Ansorena Miner (1994) cita que o meio de cultivo deve fornecer quantidades equilibradas de ar, água e nutrientes minerais. Se as proporções entre as fases sólida, líquida e gasosa não forem adequadas, o crescimento das plantas pode ser afetado. Segundo Lemaire (1995), a fase sólida é responsável pela manutenção mecânica do sistema radicular e sua estabilidade; a fase líquida garante o suprimento de água e nutrientes; e a fase gasosa proporciona o transporte de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera.

As características físicas de um substrato (porosidade total, “densidade seca”, espaço de aeração e capacidade de retenção, principalmente) são mais importantes que as químicas, uma vez que as relações entre água e ar não podem ser mudadas durante o cultivo. As propriedades

químicas, como concentração de sais, teores de nutrientes, pH e condutividade elétrica podem ser modificados por intermédio da irrigação, da fertirrigação (VERDONCK, 1983; FERMINO, 2002; GERVÁSIO, 2003), de adubações de base e de cobertura (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Referências sobre o uso de substratos na agricultura podem ser encontradas na literatura desde o princípio do século XVI (FABRI, 2004). No setor florestal, a idéia da utilização e desenvolvimento de substratos partiu do princípio que as características físicas do solo não eram adequadas para a produção de mudas em tubetes (SILVA, M., 2003).

Conforme Wendling e Gatto (2002), para tal situação o substrato ideal deve apresentar uniformidade em sua composição, baixa densidade, boa aeração, boa capacidade de absorção e retenção de água e de fornecimento dos nutrientes necessários às plantas, drenagem suficiente e isenção de pragas e patógenos. Segundo Fermino (2002), a limitação do volume dos recipientes exige que o substrato utilizado seja capaz de manter a água facilmente disponível às plantas sem, no entanto, comprometer a concentração de oxigênio no meio e que, quanto menor o recipiente, mais baixa deve ser a densidade do substrato nele utilizado. Fonteno (1993) relata que a “densidade” tem efeito leve sobre a porosidade total, moderado sobre a capacidade de recipiente e grande sobre a água facilmente disponível.

Fermino (2002) cita que os substratos, em geral, apresentam maior porosidade quando comparado ao solo. A porosidade do solo está entre 40 a 50% do volume total (GRAS; AGUIS, 1983), enquanto que a porosidade dos substratos alcança valores de 70 a 95% (BIX, 1973). A porosidade total em um substrato pode ser determinada pela curva de retenção de água, e corresponde a umidade volumétrica em 0,0 MPa de potencial mátrico ou seja, quando se encontra no ponto de saturação (VERDONCK, 1983).

Os conceitos de espaço de aeração e água disponível estão alicerçados na curva de retenção de água. O espaço de aeração mínimo é caracterizado como o volume de macroporos preenchidos com ar, em condições de “capacidade de campo”. Nas mesmas condições, a água disponível se refere aos mesoporos preenchidos com água (entre “capacidade de campo” e “ponto de murcha permanente”) (FERMINO, 2002). A maioria das espécies cultivadas em recipientes necessita de um espaço de aeração mínimo de 20% (GISLERØD, 1982), entre 10 e 20% (BIX, 1973) e entre 10 e 30% (BALLESTER-OLMOS, 1992).

Gervásio (2003) cita que as tensões aplicadas para a confecção das curvas características de retenção de água em substratos e recipientes podem apresentar intervalos de sucção mais estreitos

(0 a 10 kPa) quando comparados ao usualmente praticados nas análises de solo (0 a 1500 kPa). Dentro desse limite (0 a 10 kPa) são definidos alguns conceitos específicos para substratos, o que permite caracterizá-los em termos de disponibilidade de ar (capacidade de aeração) e disponibilidade de água (água facilmente disponível, água de reserva e água total disponível). Segundo Milner (2002), os parâmetros estão fundamentados nos seguintes intervalos de sucção: i) espaço de ar – entre 0 e 10 cm; ii) água facilmente disponível – entre 10 e 50 cm; iii) água de reserva – entre 50 e 100 cm; iv) água residual – acima de 100 cm de sucção.

O resultado da análise granulométrica descreve a qualidade física do substrato e sua adequação para o cultivo de determinada espécie vegetal. Ansorena Miner (1994) cita que o tamanho das partículas influencia o volume de água e de ar do substrato. Para partículas com dimensões entre 1 e 10 mm, tanto a porosidade quanto a retenção de água variam pouco com o tamanho das partículas, porém, a presença de partículas muito pequenas (inferiores a 1 mm) diminui bruscamente a porosidade total e aumenta a quantidade de água retida.

No Brasil, o substrato mais utilizado é composto por casca de pinus, contendo em torno de 10% de espaço de ar, 30% de água facilmente disponível e capacidade de container de 60% do volume (MILNER, 2002). A utilização de substratos padronizados, com condições físicas e químicas favoráveis, permite a automação de programas de irrigação e adubação, a eliminação de doenças de solo, além de reduzir o período de cultivo, padronizando a produção, a obtenção de colheitas uniformes e uma redução nos custos (VERDONCK et al., 1981).

A Tabela 5 exhibe os níveis adequados para interpretação de características físico-químicas de substratos utilizados na produção de mudas. Gonçalves e Poggiani (1996) relatam que materiais com altas relações C/N (superior a 30) normalmente apresentam alta atividade de microorganismos, que passam a competir com as mudas, por nutrientes, principalmente N e S.

Tabela 5 – Nível adequado de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos utilizados na produção de mudas florestais

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
“Densidade global” (g.cm <sup>-3</sup> )	0,45 – 0,55	pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01 M)	5,5 – 6,5
Porosidade total (%)	75 – 85	P resina (mg.dm <sup>-3</sup> )	400 – 800
Macroporosidade	35 – 45	K trocável (μmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	30 – 100
Microporosidade	45 – 55	Ca trocável (μmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	100 – 200
Relação C/N total	8 – 12 / 1	Mg total (μmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	50 – 100
Capacidade máx. de retenção de água (mL.50cm <sup>-3</sup> )	20 – 30	CTC efetiva (μmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	> 200

Fonte: Gonçalves e Poggiani (1996).

#### 2.4.3.4 Adubação e fertirrigação

A matéria seca das plantas é formada pelo carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) que as plantas retiram do ar e da água, além de mais 13 nutrientes minerais essenciais, os quais são retirados do solo (ou substrato): nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (WENDLING; GATTO, 2002).

A adubação é uma técnica silvicultural importante, pois visa disponibilizar níveis adequados de nutrientes às mudas, tendendo maximizar o crescimento e reduzir o tempo de produção das plantas, conseqüentemente, aumentando o retorno financeiro. Alfenas et al. (2004) citam que a quantidade de fertilizantes aplicada varia em função da espécie, da época do ano e do tipo de substrato; sendo que os resultados de uma análise foliar podem servir de base para se avaliar o estado nutricional das plantas (Tabela 6). Alvarenga et al. (1994) constataram que a absorção de nutrientes pelas plantas foi maior quando havia mais água disponível no solo, visto que o transporte de elementos minerais até a superfície das raízes depende da umidade do solo.

Tabela 6 – Teores adequados de nutrientes presentes na folha de mudas de eucalipto

Nutriente (%)						Referência
N	P	K	Ca	Mg	S	
2,61	0,20	1,41	0,74	0,33	0,26	Judd et al. <sup>4</sup> , 1996
2,5 – 3,8	0,15 – 0,22	1,2 – 1,4	0,5 – 0,8	0,16 – 0,2	0,19 – 0,32	Dell et al. <sup>5</sup> , 1995
2,0 – 2,5	0,25 – 0,3	2,0 – 2,5	0,9	0,35	0,25	Leite <sup>6</sup> , 2003
Nutriente (ppm ou mg.kg <sup>-1</sup> )						Referência
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	
120	14	170	310	-	29	Judd et al., 1996
15 – 27	3,0 – 5,5	65 – 80	50 – 546	-	17 – 22	Dell et al., 1995
40 – 60	15	200	600	0,7	35	Leite, 2003

Fonte: Alfenas et al. (2004).

Segundo Silveira et al. (2001), a ocorrência de deficiências nutricionais severas em mudas de eucalipto na fase de viveiro é rara, e, que os principais problemas são referentes à toxicidade e aos desequilíbrios nutricionais. Em minijardim clonal, as toxidades mais freqüentes são

<sup>4</sup> JUDD, T.S.; ATTIWILL, P.M.; ADAM, M.A. Nutrient concentrations in Eucalyptus: a synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. In: ATTIWILL, P.M.; ADAMS, M.A. **Nutrition of eucalypts**. Collingwood: CSIRO Publishing, 1996. p. 123-154.

<sup>5</sup> DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: ACIAR, 1995. 110 p. (Monograph, 31).

<sup>6</sup> LEITE, F.P. **Manejo nutricional para produção de mudas**. Belo Oriente: CENIBRA, 2003. (Relatório Interno).

ocasionadas por B e Mn e a deficiência de Ca é a mais comum, principalmente em situações onde as doses de N e o fornecimento de água são elevados.

Em experimento para avaliar os sintomas de deficiência de macronutrientes e de B, Silveira et al. (2002) observaram que a ausência de N ou P ocasionou maior comprometimento no crescimento de plantas de *E. urograndis*. A maior intensidade de sintomas ocorreu na deficiência de B e a menor na carência de S. De acordo com Alfenas et al. (2004), em recipientes, a adubação deve ser ministrada com o objetivo de corrigir principalmente os níveis de P e de micronutrientes.

Wendling e Gatto (2002) citam que o uso da adubação em doses superiores à requerida pelas plantas aliado ao potencial natural de salinização da água de irrigação (rica em cloretos, sódio, cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos), baixa drenagem do meio de cultivo e adubos com elevados índices salinos, podem levar à salinização do substrato prejudicando o crescimento das mudas. Quando o processo de salinização for detectado no viveiro, deve-se efetuar a lavagem do substrato com grandes volumes de água, no intuito de lixiviar o excedente de sais acumulados.

Existem diversas formas de promover a nutrição das mudas. Dentre as principais estão: i) adubação em mistura com o substrato; ii) adubação foliar; iii) adubação de cobertura e iv) fertirrigação, sendo esta última, intensamente investigada e praticada no meio agrícola nos últimos anos e com grandes possibilidades de expansão de uso no setor florestal.

A fertirrigação é o processo de aplicação de nutrientes (N, K e B, principalmente) via água de irrigação. Os sistemas mais indicados são o gotejamento e a subirrigação porque disponibilizam água de maneira mais uniforme e reduzem a umidade das folhas, minimizando o aparecimento de doenças. Normalmente, as adubações de cobertura por meio da fertirrigação são iniciadas entre 30 e 40 dias após a sementeira (SILVEIRA et al., 2001), e por volta dos 20 dias após a estaquia (ALFENAS et al., 2004). As principais vantagens e desvantagens do método, assim como os cuidados no procedimento podem ser consultados em Wendling e Gatto (2002).

Tabela 7 – Recomendação da adubação de cobertura (fertirrigação) para diferentes estádios de desenvolvimento das mudas, na época de verão

Adubação de cobertura (dias)	Nutriente (mg.L <sup>-1</sup> )											
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
30 – 45	240	50	160	150	40	50	0,4	0,07	3	1	0,02	0,25
45 – 70	260	70	180	170	40	50	0,4	0,07	3	1	0,02	0,25
70 – 90	0-40 <sup>1</sup>	100	220	180	40	50	0,4	0,07	3	1	0,02	0,25

Notas: <sup>1</sup> dependendo da necessidade de rustificação.

Fonte: Silveira et al. (2001).

Silveira et al. (2001) recomendam que, assim como na adubação convencional, as doses utilizadas na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada espécie, idade e época do ano. As recomendações são proferidas através do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento das miniestacas. Os autores sugerem que durante o inverno, as doses utilizadas sejam de 15 a 20% maiores que as utilizadas no verão. No inverno, “essa suplementação nutricional é necessária em virtude da continuidade do processo de lixiviação de nutrientes pela água da chuva e, ou irrigação e diante da menor atividade metabólica da planta” (ALFENAS et al., 2004, p. 114).

## 2.5 Irrigação

Partindo-se da premissa que o suprimento adicional de água é capaz de gerar incrementos na produção agrícola, no setor florestal, a implantação de sistemas de irrigação adequados poderia proporcionar melhor qualidade às mudas, reduzir a ocorrência de doenças e lixiviação de nutrientes e promover maior pegamento no campo, antecipação do corte e homogeneidade no desenvolvimento dos talhões, levando a um incremento na produtividade (GRUBER et al., 2006).

Conforme Macedo (1993), a rega eficiente é obtida quando o terreno (solo ou substrato) fica suficientemente úmido, sem apresentar sinais de encharcamento (poças ou água escorrendo). Porém, o manejo hídrico necessita de observações contínuas de diferentes variáveis para garantir níveis ótimos de produção, exigindo a interpretação individualizada do conjunto espécie  $\times$  estágio de desenvolvimento  $\times$  condições climáticas  $\times$  sistema de irrigação  $\times$  manejo  $\times$  qualidade do recurso hídrico (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP, 2000). Andrade (1961) relata que a maioria das espécies de eucalipto sofre com a umidade excessiva, sendo atacados por fungos que destroem facilmente as mudas.

A qualidade do recurso hídrico utilizado é importante uma vez que a incidência de material particulado e a presença de substâncias tóxicas podem provocar danos às mudas, alterar condições de pH e condutividade elétrica (CESP, 2000), além de entupir e danificar os sistemas de irrigação. Léon (1999) cita que as características da água exercem um forte impacto no crescimento das plantas e, portanto, no rendimento da cultura. A qualidade requerida depende: i) das condições climáticas locais; ii) das características físicas e químicas do solo ou substrato; iii) da tolerância das culturas à salinidade; iv) das práticas agronômicas (manejo do cultivo) e v) do método de irrigação. Os parâmetros químicos mais importantes na avaliação da qualidade da água são: i)

concentração de sais dissolvidos; ii) condutividade elétrica; iii) relação de adsorção de sódio; iv) íons tóxicos, como elementos e metais pesados em traços e v) pH.

### **2.5.1 Irrigação em viveiros**

A irrigação é uma prática importante para o sucesso na produção de mudas de boa qualidade e em tempo reduzido (WENDLING; GATTO, 2002). É considerada uma atividade essencial à dinâmica do viveiro e merece uma atenção especial devido ao alto consumo de água. Contudo, segundo Silva, M. (2003), na maioria dos viveiros o manejo é praticado de forma empírica, onde apenas o exame visual das plantas determina o momento e a conduta da irrigação. Wendling e Gatto (2002) citam que perdas incalculáveis na produção e na qualidade das mudas podem ser resultados de um mau planejamento e manejo do fornecimento de água para as plantas. A irrigação em excesso pode lixiviar os nutrientes solúveis (especialmente N e K), reduzir a aeração, favorecer a ocorrência de doenças, dificultar o desenvolvimento das raízes, tornar as mudas tenras e pouco resistentes à seca e resultar em um gasto desnecessário de água.

Conforme Macedo (1993), um viveiro de porte médio que chega a produzir 100.000 mudas anualmente, necessitará de aproximadamente 10.000 L de água por dia, que podem ser disponibilizados manualmente, por meio de mangueiras ou regadores, ou por sistemas como aspersão e microaspersão. Os sistemas de irrigação convencionais, em geral, são mais indicados em função da economia com mão-de-obra e do maior controle sobre a distribuição de água e, segundo Pair et al. (1975), apresentam um elevado potencial para a automação. A escolha do equipamento de irrigação adequado associa-se ao manejo do sistema como um todo (EMBRAPA, 2005). Wendling e Gatto (2002) alegam que, em viveiros de plantas ornamentais, há maior aplicabilidade dos sistemas de aspersão, porém, quando as mudas são produzidas em vasos maiores e, ou canteiros de raiz nua, o gotejamento e a microaspersão podem ser utilizados com eficiência. Os autores citam ainda que a irrigação por ascensão capilar é visto como um método interessante, uma vez que apresenta a vantagem de umedecer apenas o substrato, reduzindo as chances de ocorrência de doenças na parte aérea das mudas, além de um menor consumo de água.

Em uma primeira análise, verifica-se que os trabalhos realizados com mudas de eucalipto referem-se, em sua maioria, a estudos com recipientes, substratos e adubação. Porém, perante a eminente escassez dos recursos hídricos, investigações quanto à racionalização do manejo da irrigação vem despertando maior interesse.



Ao contrário dos cultivos em solo, o manejo hídrico em recipientes preenchidos com substrato, apresenta algumas particularidades como a maior frequência de irrigação, em virtude ao pequeno volume dos tubetes, além da importância relativa dos fenômenos de advecção (GERVÁSIO, 2003). Na irrigação dos canteiros de semeadura e das mudas em estágio inicial de desenvolvimento, as regas devem ser mais frequentes do que para as mudas já desenvolvidas (MACEDO, 1993). Wendling e Gatto (2002) citam que, exceto em períodos de germinação das sementes e enraizamento das estacas, uma irrigação frequente e de baixa intensidade não é tão eficaz quanto uma aplicação prolongada e em intervalos mais longos. As irrigações frequentes e de baixa intensidade molham somente alguns centímetros da camada superficial do substrato. Conforme a EMBRAPA (2005), em regiões de calor intenso com inverno ameno, normalmente, a exigência das mudas por água em qualquer fase do desenvolvimento é maior que em regiões de clima temperado. Por outro lado, alguns tipos de substratos, por terem menor capacidade de retenção de água, exigem que se aplique mais água a cada irrigação, ou que se aumente a frequência das mesmas.

É recomendável que as lâminas sejam aplicadas nas primeiras horas da manhã, após as 15h e ao entardecer. A irrigação praticada nas horas mais quentes do dia deve ser evitada sob pena de danificar as mudas, principalmente quando fertirrigadas (CESP, 2000) e, caso a água utilizada contenha doses elevadas de cálcio e magnésio, a alta evaporação produz a formação de um encrostamento de carbonatos na superfície do substrato, que pode ser prejudicial às mudas em decorrência ao aumento do potencial osmótico que diminui a absorção de água pelas plantas (WENDLING; GATTO, 2002). As regas efetuadas ao final do dia contribuem para que o substrato permaneça úmido por mais tempo, e, de modo que, o potencial hídrico das mudas mantenha valores elevados durante a noite (EMBRAPA, 2005). Contudo, Wendling e Gatto (2002) advertem que a umidade excessiva durante o período noturno favorece o desenvolvimento de doenças. Em algumas regiões, ou durante a estação fria, caso ocorra geada, é aconselhável que se proceda, logo ao amanhecer, uma irrigação para desmanchar o gelo depositado sobre as folhas (EMBRAPA, 2005; CESP, 2000).

Como as condições específicas do manejo hídrico variam em função de diversos fatores, as informações apontadas a seguir representam uma diretriz, cabendo ao viveirista avaliar *in loco* as alternativas para otimizar a produção de suas mudas.

### 2.5.1.1 Semeadura e germinação

Deve-se promover uma irrigação logo após a sementeira, porém, com o cuidado de deixar pelo menos 10% de porosidade livre de água. O processo pode ser realizado com o uso de mangueiras, regadores ou sistemas de irrigação com bico tipo leque. O tamanho das gotas deverá ser regulado de forma a evitar que ocorra a lavagem da cobertura sobre as sementes ou o aprofundamento irregular das sementes pequenas, dificultando a germinação (CESP, 2000).

Da sementeira ao início do crescimento das mudas, a irrigação requer extremo cuidado devido a uma grande sensibilidade à falta ou ao excesso de água nessas fases. Com a redução da disponibilidade de água, processos como respiração, síntese de enzimas amilolíticas e proteolíticas e degradação de compostos de reserva são afetados, o que pode resultar na diminuição e, ou total inibição da germinação (FAÇANHA et al., 1983).

Em linhas gerais, a EMBRAPA (2005) recomenda que a irrigação deve ser freqüente, porém, com volumes inferiores a  $6 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , até as mudas estarem com folhas bem formadas e atingirem 5 cm de altura. É recomendado que após a emergência, o regime de regas deva ser alterado, substituindo-se gradativamente a irrigação freqüente e leve por uma com maior intensidade e duração de rega.

### 2.5.1.2 Estaquia e enraizamento

Os procedimentos de estaquia se iniciam no jardim clonal: das matrizes (Figura 5) são coletadas as estacas (Figura 6) a serem “plantadas” nos recipientes (Figura 7) e após uma irrigação, conforme na sementeira, as mudas são dispostas em ambiente protegido para enraizar.



Figura 5 – Cepa (matriz) com diversos brotos para estaquia



Figura 6 – Miniestaca de eucalipto



Figura 7 – Miniestacas em tubetes preenchidos com substrato

Em casa de enraizamento (Figura 8), as mudas permanecem durante 20 a 30 dias e “a irrigação deve ser realizada por nebulização intermitente, mediante o uso de bicos ‘fogger’ (nevoeiro), cuja vazão gira em torno de  $7 \text{ L.h}^{-1}$ . O uso de barras móveis permite maior

uniformidade na distribuição de água ao longo dos canteiros, reduz o consumo de água e depende de um número menor de bicos. Na fase inicial do enraizamento, é fundamental manter uma lâmina delgada de água sobre as folhas sem, contudo, pesar demasiadamente o limbo foliar e encharcar excessivamente o substrato” (ALFENAS et al., 2004, p. 84). Os autores citam ainda que, clones com folhas maiores e dias mais quentes requerem irrigação mais freqüente e que, preferencialmente após os 10-15 primeiros dias, pode-se reduzir gradativamente a irrigação, uma vez que a estaca enraizada é capaz de absorver água para atender à suas necessidades hídricas.

### 2.5.1.3 Aclimação

Em relação à fase anterior, as condições de cultivo tendem a ser um pouco severizadas para estimular a adaptação de mecanismos morfofisiológicos responsáveis por aumentar a resistência das plantas. Após o enraizamento (Figura 9), as mudas são submetidas às fases de aclimação (Figura 10), onde permanecem por volta de 5 a 10 dias em ambiente com intensidade luminosa reduzida à 50% da obtida a céu aberto. Alfenas et al. (2004) recomendam que a irrigação seja feita por microaspersores com vazão de  $105 \text{ L.h}^{-1}.\text{emissor}^{-1}$ .



Figura 8 – Casa de enraizamento com sistema de irrigação tipo “fogger” em funcionamento



Figura 9 – Miniestacas de eucalipto enraizadas na estufa



Figura 10 – Vista da casa-de-vegetação, área de aclimação das mudas



Figura 11 – Vista dos canteiros a pleno sol, área de crescimento e rustificação das mudas

#### **2.5.1.4 Crescimento**

É a fase de maior duração na produção das mudas e normalmente é realizada em pátio de pleno sol (Figura 11). No entanto, algumas empresas têm optado por cultivo em ambiente protegido devido ao maior controle sobre os fatores climáticos.

Durante o crescimento, o manejo da irrigação deve sofrer um aumento gradual condizente com o aumento da biomassa da planta e de seu maior metabolismo. Para as mudas produzidas em tubetes, durante o verão, recomenda-se que a irrigação não ultrapasse  $13 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , no entanto, a lâmina deve ser ajustada em função do estado de turgidez das mudas e da quantidade de água presente no substrato (EMBRAPA, 2005). Conforme Alfenas et al. (2004), nessa fase, o sistema de irrigação usualmente adotado é a miniaspersão, com vazão de  $224 \text{ L.h}^{-1}$ , conjugado ou não com a fertirrigação por barras ou inundação temporária.

#### **2.5.1.5 Rustificação**

A rustificação apresenta duração variada dependendo do estado da muda ao fim da fase de crescimento. É uma etapa importante, fundamentada na aplicação de um ou mais tipos de estresse, visando a melhor adaptação, desenvolvimento e sobrevivência das mudas às condições adversas do campo. No Brasil, os estresses mais comuns são o hídrico e o nutricional (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000). “O grau e a velocidade de rustificação das mudas podem ser controlados pela relação N/K” (ALFENAS et al., 2004, p. 114). Conforme Silveira et al. (2001), na fase inicial de crescimento, os valores dessa relação se encontram na faixa de 1,4 a 2,0; enquanto que na fase de rustificação os valores são reduzidos de 0,6 a 1,0.

A irrigação, nesse período, deve ser atenuada em relação ao crescimento, de forma a permitir um leve murchamento dos ápices, porém, sem que ocorra o crestamento (EMBRAPA, 2005). A frequência deve ser reduzida para que as mudas se tornem mais resistentes e melhor se adaptem às condições de deficiência hídrica que provavelmente encontrarão no local de plantio (WENDLING; GATTO, 2002). Alfenas et al. (2004) citam que são utilizados miniaspersores com uma vazão média de  $445 \text{ L.h}^{-1}$ , conjugado ou não com sistema de inundação temporária.

#### **2.5.1.6 Expedição**

Segundo a CESP (2000), a expedição consiste na seleção das mudas solicitadas, no acondicionamento nas caixas e na colocação no veículo de transporte. Anterior a esses processos,

as mudas devem ser irrigadas para suportar melhor às condições até o momento do plantio. Para se determinar quais mudas irão a campo, o porte é a principal característica a ser avaliada, sendo de 20 a 30 cm a altura ideal. Quanto à rusticidade, as mudas devem apresentar sinais de amadurecimento da região do colo, tais como aparência lenhosa, textura rígida e diâmetro compatível com o peso da parte aérea; além da ausência de sinais de ataque de pragas e doenças, anomalias de formação e sistema radicular bem formado.

Tabela 8 – Período de duração e sistema de irrigação possível de ser empregado nas fases de produção de mudas clonais de eucalipto por miniestaquia

<b>Fase</b>	<b>Duração (dias)</b>	<b>Irrigação</b>
Aclimação a sombra	5 – 7	Microaspersão: emissor tipo microaspersor Dan Up Side Down (bocal verde) com base 3/8” e válvula antigotas LPD para baixa pressão (preto); vazão de 105 L.h <sup>-1</sup> .
Aclimação a céu aberto	20 – 30	Miniaspersão: emissor tipo miniaspersor Dan Mankad 2255 (violeta) e ângulo alto com base 1/2”; vazão de 224 L.h <sup>-1</sup> . Inundação: sem emissores, apenas saídas diretas e pressão na saída igual a 1 kgf.cm <sup>-2</sup> ; vazão de 1.680 L.h <sup>-1</sup> .
Rustificação	15 – 20	Miniaspersão: emissor tipo miniaspersor Dan Mankad 2255 S (laranja) e ângulo baixo com base 1/2”; vazão de 445 L.h <sup>-1</sup> . Inundação: sem emissores, apenas saídas diretas e pressão na saída igual a 1 kgf.cm <sup>-2</sup> ; vazão de 1.680 L.h <sup>-1</sup> .
Espera	< 10	Miniaspersão: emissor tipo miniaspersor Dan Mankad 2255 S (violeta) e ângulo alto com base 1/2”; vazão de 670 L.h <sup>-1</sup> . Inundação: sem emissores, apenas saídas diretas e pressão na saída igual a 1 kgf.cm <sup>-2</sup> ; vazão de 1.680 L.h <sup>-1</sup> .

Fonte: Alfenas et al. (2004).

### 2.5.2 Doenças relacionadas ao manejo hídrico em viveiros

As doenças ocorrem em função da interação entre patógeno (tais como, fungos, vírus, bactérias e nematóides), hospedeiro e ambiente, interferindo nos processos fisiológicos da planta e acarretando perdas econômicas ao produtor (SILVEIRA et al., 2001). Segundo Furtado et al. (2003), as doenças são responsáveis por até 27% das perdas em países em desenvolvimento.

Devido às suas características físicas, mesmo os viveiros mais tecnificados reúnem uma série de condições ambientais associadas à fisiologia do hospedeiro que favorecem o aparecimento e proliferação de patógenos (GRIGOLETTI JÚNIOR; AUER; SANTOS, 2001).

Conforme EMBRAPA (2005), muitas vezes, o aparecimento de doenças está ligado ao manejo hídrico inadequado associado à ocupação excessiva de mudas por unidade de área e ao sombreamento excessivo. Grigoletti Júnior; Auer e Santos (2001) citam que as irrigações mais frequentes e com menor volume de água evitam o acúmulo e a permanência de água livre por mais tempo na superfície foliar e no substrato, favorecendo um ambiente sadio.

Conforme Silveira et al. (2001), no estado de São Paulo, a ferrugem e o cancro causam, em média, um dano de 25 e 18%, respectivamente. A ferrugem causa sérios problemas em plantas jovens, viveiros e jardins clonais de *Eucalyptus*, sendo que o fotoperíodo, a temperatura e a umidade são fatores condicionantes para sua ocorrência, porém é facilmente controlada com o uso de fungicidas. Os surtos de mofo cinzento, rizoctoniose e podridão de estacas causadas por *Cylindrocladium* spp. podem acarretar em perdas de 40 a 70% das mudas produzidas. “Surtos frequentes de podridão de estacas e miniestacas, anelamento da haste e manchas foliares de mudas e minicepas têm sido registrados na maioria dos viveiros de eucalipto do país, causando prejuízos de importância econômica significativa” (ALFENAS et al., 2004, p. 204).

Segundo Furtado et al. (2003), o manejo integrado (processos químicos, físicos, biológicos e culturais) apresenta resultados satisfatórios na cura das doenças, por implementar harmonicamente métodos de controle de forma planejada, em benefício da produtividade, proteção ambiental e segurança nas atividades, de maneira econômica, eficiente e social. As práticas culturais utilizadas no controle de doenças visam modificar, alterar as condições micro e mesoclimáticas que irão atuar sobre o patógeno e também reduzir o inóculo a níveis aceitáveis. As melhorias nas condições de cultivo das mudas fortalecem o sistema de defesa, tornando-as menos suscetíveis às doenças (GRIGOLETTI JÚNIOR; AUER; SANTOS, 2001).

A seguir são apresentadas as principais doenças relacionadas à aplicação de água. As descrições das patologias foram fundamentadas nas obras de Alfenas et al. (2004), Furtado et al. (2003), Santos; Auer e Grigoletti Júnior (2001) e Silveira et al. (2001).

### **2.5.2.1 Ferrugem**

As plantas atacadas apresentam pústulas amareladas em suas folhas, típicas da reprodução assexuada do fungo *Puccinia psidii*. Em ataques severos as folhas ficam deformadas e as brotações completamente dominadas. A ferrugem se desenvolve em temperaturas moderadas (15 a 25°C) com elevada umidade relativa do ar e molhamento foliar noturno superior a 8 horas.

### 2.5.2.2 Canela preta (estrangulamento da base)

A canela preta ocorre nas fases de pleno sol. Os agentes causais são *Cylindrocladium spp.* e *Botrytis cinerea*, que provocam o anelamento da haste, na altura do terço inferior até metade da muda, tornando-a quebradiça. O *Cylindrocladium* é um fungo que sobrevive saprofiticamente em folhas de eucalipto ou de outros hospedeiros em decomposição no solo e seus esporos são disseminados, principalmente, por agentes bióticos, respingos ocasionados pela água de chuvas ou irrigação e partículas de solo. Aparece em locais com alta umidade relativa e temperatura elevada, prevalecendo no período de outubro a abril. O *Botrytis* é um fungo que ataca várias outras culturas e seus esporos são disseminados principalmente pelo vento. Incide em locais com alta umidade relativa e temperatura amena, prevalecendo no período mais frio (maio a setembro).

### 2.5.2.3 Mofo cinzento

O patógeno *Botrytis cinerea*, presente em substratos infectados, inicia seu processo de colonização nas folhas mais baixas, que adquirem aspecto encharcado e uma coloração cinza enegrecida, com aparência de mofo ou bolor. Os ataques mais severos ocorrem em canteiros com alta densidade de mudas e sob condições de alta umidade do ar e temperaturas amenas.

### 2.5.2.4 Queima das folhas

É causada por esporos oriundos da reprodução sexuada do fungo *Rhizoctonia solani*. A queima das folhas se inicia com uma coloração cinza nas áreas queimadas, desfolha precoce, apresentando algumas folhas dependuradas por hifas. É comum ocorrer o ataque em reboleiras e a morte das plântulas. Ocorre geralmente em clima quente e úmido.

### 2.5.2.5 Tombamento das mudas (“Damping-off”)

Grupo de sintomas que resultam na podridão dos tecidos tenros da base do caule e início do sistema radicular, causando a queda e a morte da plântula na fase de enraizamento. Inicialmente os sintomas são pequenos pontos encharcados, que causam o anelamento e a constrição do caule, provocando o tombamento. Os principais agentes causadores são os fungos de solo e de hábito aquático: *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*, *Cylindrocladium spp.* e *Rhizoctonia solani*. A disseminação ocorre por meio de tratos culturais, salpicamento ou carreamento de inóculos presentes no solo ou via água de irrigação. É comum a ocorrência em reboleira.

### 2.5.2.6 Podridão de estacas

São lesões escuras que geralmente progridem da base para o ápice da estaca, causando grandes perdas. Os principais fungos causadores são: *Cylindrocladium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Colletotrichum spp.*, *Botryosphaeria ribis* e *Botrytis cinerea*. O inóculo é trazido para a casa-de-vegetação via água de irrigação, solo, substrato, recipientes ou aderidos na estaca.

### 2.5.2.7 Podridão de raiz

O fungo ataca plantas em condições de estresse quando existe drenagem deficiente do substrato, que condicionam alto teor de água e aeração inadequada. Os principais agentes causais são os fungos *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* e *Phytophthora spp.* Os fungos *Phytophthora spp.* e *Pythium spp.* são disseminados via água de irrigação. No caso de *Phytophthora spp.*, os sintomas são o amarelecimento das folhas e seca do terço superior da muda. Ao se retirar à casca, observa-se o escurecimento do sistema vascular e do sistema radicular. No caso do *Fusarium spp.*, as plantas apresentam folhas arroxeadas em toda a copa, tendendo a necrose e ocasionando a morte da planta, que apresenta sintomas de seca na parte aérea.

## 2.5.3 Irrigação no campo

Buzetto; Bizon e Seixas (2002) citam que a irrigação realizada durante o plantio e nas primeiras semanas da implantação é uma operação importante nos plantios comerciais, influenciando na sobrevivência e no desenvolvimento das mudas principalmente nas estações secas, e, além disso, a capacidade de armazenamento de água em alguns solos de textura mais arenosa pode ser um fator limitante ao plantio.

No início da década de 1970, coincidindo com o incentivo fiscal, os estudos quanto à irrigação no campo foram iniciados, objetivando a implantação de novas áreas mesmo em regiões e estações com baixo índice pluviométrico, o que resultou em melhorias no planejamento e gerenciamento dos plantios. As irrigações eram realizadas através de mangueiras e caminhões pipa. Mesquita; Campinhos Júnior e Mattos (1972) concluíram que a aplicação de um volume entre 1,7 e 5 L na base das mudas recém plantadas resultaria no maior pegamento das mudas e não acarretaria picos de plantio.



Magalhães et al. (1978) em experimento realizado no cerrado, durante a estação seca, apontam dois manejos com volume superior a  $3 \text{ L.planta}^{-1}.\text{irrigação}^{-1}$  como satisfatórios: i) no ato de plantio, e 1, 2 e 4 dias após e ii) no ato de plantio, e 2, 4 e 6 dias após.

Ao trabalhar com mudas produzidas em tubetes, Stape (1989) concluiu que o volume de  $6 \text{ L.planta}^{-1}.\text{irrigação}^{-1}$  (aplicados um dia antes do plantio, logo após o plantio e depois de uma semana) foi suficiente para reduzir os custos com replantio e tornar o desenvolvimento das mudas mais homogêneo, além de observar que o efeito da irrigação realizada imediatamente após o ato do plantio foi fundamental para o efeito das irrigações posteriores.

É conhecido que a adoção maciça dos tubetes plásticos tornou a irrigação no campo ainda mais necessária, uma vez que o pequeno volume de substrato contido não retém água suficiente para manter a muda viva por mais de uma semana no campo, principalmente em solos arenosos. Como alternativa, Buzetto; Bizon e Seixas (2002) mencionaram que o uso de polímeros adsorventes possibilita a retenção de água e sua liberação de maneira gradativa para a planta, podendo aumentar a eficácia da irrigação e diminuir a ocorrência de falhas durante a implantação do povoamento florestal.

Durante o desenvolvimento dos talhões a irrigação não é realizada em escala comercial, porém, pesquisas vêm sendo realizadas e apontam grandes possibilidades de incremento produtivo com a adoção do manejo. Kaplan (1983) cita que em Israel, plantas de *E. camaldulensis* responderam à irrigação durante a estação chuvosa (outubro a maio), dobrando a produção, contudo, durante a seca (verão), a prática mostrou-se ineficiente, por causa da dormência. Gürses e Özkurt (1995) constataram que a produtividade de *E. camaldulensis* com 3 anos (na Turquia) foi de  $51 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  em um dos tratamentos com irrigação, enquanto que em condição de sequeiro foi de  $19,8 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ . Conforme o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF (2005), os estudos realizados pelo grupo Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial (BEPP) verificaram que nos plantios clonais sob manejo tradicional a produtividade média foi de  $49 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , enquanto que no tratamento com irrigação foi de  $63 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , atingindo  $68 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  quando associada à fertilização.

Stape et al. (2004b) realizaram um experimento em árvores com 30 meses de idade, na região de Luis Antonio (SP), e constataram para o tratamento de controle (sem irrigação e sem adubação) a mais baixa produtividade,  $11,7 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . Com a adubação tradicional, a taxa foi aumentada para  $16,6 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , resultado semelhante ao tratamento de mais alta fertilização

(17,4 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). Quando irrigado, o tratamento com adubação tradicional incrementou a produtividade em 31% (21,8 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), enquanto que o tratamento altamente fertilizado aumentou significativamente, alcançando 24,2 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Estes resultados indicam que a água é o fator limitante dominante e que controla as magnitudes de resposta à adubação.

Sabendo-se que existe uma lacuna entre a produtividade média atual e a potencial, em diferentes níveis regionais e condições climáticas, é fundamental investigar as contribuições e adequar o manejo florestal. Stape et al. (2004a) verificaram que o incremento corrente anual em reflorestamentos de eucalipto na Bahia foi 22 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, porém os resultados mostraram que a diferença entre a produtividade média atual e a produtividade potencial foi de 2,2 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> durante o período seco e pode atingir 8,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no período úmido. Na mesma linha, em São Paulo, a produtividade média foi de 17,4 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, diferindo em 1,8 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no período seco e em 6,5 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no período úmido, quando comparado à potencial.

Observando as respostas produtivas da cultura em relação à irrigação, é interessante verificar a viabilidade técnica e econômica da implantação dos sistemas, uma vez que a prática requer investimentos representativos. Karschon (1970, apud KAPLAN 1983) cita que, naquela época, apesar do incremento considerável, a irrigação não era economicamente viável devido às altas despesas com água e mão-de-obra. Pair et al. (1975) evidenciaram que a análise econômica deve considerar, além do investimento inicial, também os custos fixos, operacionais e de manutenção, calculados com base anual e por unidade de área. O consumo de energia elétrica e o desempenho do sistema são altamente dependentes da qualidade do equipamento e das condições observadas no dimensionamento (SCALOPPI, 1986). Após a implementação da Lei 9.433/97, a água passa a ter um valor econômico, e, sendo assim, onera a irrigação também quanto ao volume captado, consumido e devolvido, além dos custos com bombeamento, praticados anteriormente. Por conseguinte, a irrigação somente será viável se os benefícios alcançados (incremento de produtividade proporcionado) forem suficientes para financiar o custo do sistema utilizado.

Ao investigarem a viabilidade econômica da implantação de sistemas de irrigação em plantios de eucalipto no estado de São Paulo, Gruber et al. (2005, 2006) concluíram através do cruzamento de diversos dados (fitotécnicos, operacionais, mercadológicos, entre outros) que, em todos os cenários propostos, os sistemas acionados a óleo diesel foram mais onerosos que os acionados a energia elétrica. Para viabilizar os sistemas elétricos, a menor necessidade de incremento foi conferida pelo autopropelido e aspersão, seguido do gotejamento e por fim da

microaspersão, porém, em sistemas a óleo diesel, o autopropelido e a aspersão apresentaram as maiores taxas e o gotejamento, a menor. O preço de venda dos produtos e o custo total anual dos sistemas influenciaram diretamente nos incrementos necessários.

## 2.6 Ecofisiologia e relações hídricas

Ecofisiologia vegetal é a ciência que trata dos processos e das funções vitais das plantas em função das mudanças nos fatores ambientais. Quando a disponibilidade desses fatores é considerada ideal, a produtividade das espécies tende a ser maximizada em função da manutenção adequada do metabolismo (LARCHER, 2000). Porém, quando há excesso ou deficiência, o estresse induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes. “As plantas, de modo geral, se comportam de forma diferenciada em relação aos fatores ambientais e, esse comportamento varia com as mudanças nas técnicas de manejo” (REIS; REIS, 1997, p. 15).

A água é considerada como o principal fator limitante do crescimento dos vegetais, uma vez que, quase todos os processos metabólicos das plantas são afetados direta ou indiretamente mediante seu suprimento (LANDIS et al., 1989; KRAMER; BOYER, 1995). A absorção e o fluxo de água nas plantas são regulados por um gradiente de potencial, o qual é proveniente de uma deficiência hídrica nas folhas, ocasionado pela diferença entre a água transpirada e água absorvida (PASSOS, 1996). Reis e Reis (1997) citam que a planta retira água do solo quando o potencial hídrico de suas raízes é mais negativo do que aquele da solução do solo e, a taxa de absorção é maior, quanto maior for a superfície de absorção do sistema radicular. O gradiente de potencial hídrico, por intermédio do contínuo fluxo solo-planta-atmosfera, constitui-se na força motriz para transportar a água através da planta. Kudrev (1994) cita que cerca de 5% do total absorvido pela planta é utilizado na manutenção do metabolismo e o restante no processo de transpiração. Entretanto, a demanda hídrica das plantas depende de fatores como clima, ambiente produtivo (protegido ou pleno sol), estágio de desenvolvimento, sistema de irrigação, substrato utilizado e de características intrínsecas das plantas.

Dentre as funções da água na planta, Cool et al. (1992) e Kramer e Boyer (1995) citam: i) constituinte do citoplasma, que junto às macromoléculas coloidais (proteínas) determinam sua estrutura e grau de agregação (a água constitui de 80 a 90% da massa de matéria verde da maioria das plantas herbáceas e acima de 50% da massa de matéria verde de plantas lenhosas); ii) solvente

de gases, íons e solutos, estabelecendo um sistema contínuo em toda a planta através da permeabilidade das membranas celulares; iii) em muitas reações, a água participa diretamente como agente metabólico como em processos de óxi-redução, fotossíntese, respiração celular, ATPases e hidrolases, principalmente; iv) manutenção da turgescência celular, essencial para o alongamento e crescimento da célula, abertura de estômatos, movimento de folhas, pétalas e várias estruturas especializadas da planta e para dar forma às plantas herbáceas.

O excedente hídrico, além de não participar das atividades metabólicas do vegetal, propicia, entre outros: i) encharcamento de solos, que dificulta a aeração do sistema radicular e dificulta a atividade de microorganismos, possibilitando o surgimento de doenças; ii) lixiviação de nutrientes; iii) salinização de solos e iv) desperdício dos recursos naturais. Conforme Macedo (1993), o excesso de irrigação costuma ser mais prejudicial do que a falta.

A deficiência hídrica pode ser classificada em temporária ou permanente: i) a temporária ocorre diariamente, ocasionada pela transpiração superior à absorção da água no início do dia, contudo, é anulada durante o período noturno uma vez que o processo de absorção termina posteriormente ao de transpiração; ii) a permanente, não é anulada durante a noite, ocorre quando a transpiração é superior à absorção por um longo período, o que pode levar a planta a atingir o “ponto de murcha permanente” e conseqüentemente morte do vegetal (LARCHER, 2000). Segundo Cool et al. (1992), podem-se dividir os efeitos causados pela deficiência hídrica em efeitos químicos e físicos, e, efeitos fisiológicos e metabólicos.

O primeiro e mais comum efeito de deficiência hídrica é redução do tamanho e do rendimento da cultura (KRAMER, 1983). Conforme Kramer e Boyer (1995) e Larcher (2000), a resposta mais sensível à deficiência hídrica é a diminuição da turgescência. Associadas a esse evento aparecem à cessação do alongamento celular, o fechamento dos estômatos, a redução da fotossíntese e, conseqüentemente, a diminuição do processo de crescimento em extensão, particularmente. A falta de água propicia: i) inibição do alongamento celular, o que torna a planta baixa; ii) redução de massa de matéria seca da parte aérea e radicular, em decorrência da diminuição do número e da espessura das folhas, da área foliar, da altura e do diâmetro do colo; iii) o fechamento dos estômatos para diminuir a perda de água do interior da planta, ocorrendo uma queda das atividades enzimáticas envolvidas na fotossíntese; iv) diminuição da transpiração e conseqüente queda na assimilação de CO<sub>2</sub>; v) diminuição da absorção de íons; vi) diminuição da síntese de açúcares, e, conseqüentemente, da respiração e da produção de energia.

Em plantas de eucalipto, “lesões foliares em forma de ‘V’ invertido constituem os sintomas marcadores de falta d’água, após a planta ter passado por um período de murcha temporária. Tais lesões geralmente se iniciam no ápice do limbo e progridem em direção à nervura principal, em consequência da perda de água por transpiração, sem haver reposição em tempo hábil e em quantidades necessárias para manter o potencial hídrico da planta. Se a falta d’água persistir, a planta sofre murcha permanente, as folhas adquirem tonalidade palha e a planta toda seca... Plantas sob *deficit* hídrico moderado, mas contínuo, geralmente apresentam crescimento reduzido, com sintomas de arroxamento e queima foliar em face à deficiência de nutrientes, principalmente fósforo e potássio” (ALFENAS et al., 2004, p. 313).

A crescente pressão para o estabelecimento de uma correta política ambiental exige um melhor entendimento da fisiologia do crescimento e das relações hídricas de espécies florestais (LIMA, 1996). Kramer (1983) considera que as respostas fisiológicas são os mecanismos pelos quais as potencialidades hereditárias, o ambiente e o manejo recebido interagem na qualidade das mudas. Conforme Taiz e Zeiger<sup>7</sup> (1998 apud SILVA, M., 2003), na maioria dos casos, o estresse é medido em relação à sobrevivência das plantas, à produção no campo, ao crescimento (acúmulo de biomassa) ou processos primários, como a assimilação de CO<sub>2</sub> e de nutrientes.

### 2.6.1 Fotossíntese

A atividade fotossintética é responsável pela transformação da energia luminosa em energia química, utilizando água (H<sub>2</sub>O) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na produção de carboidratos (C<sub>2</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) com a liberação de oxigênio (O<sub>2</sub>). O produto total da fotossíntese no interior dos cloroplastos recebe o nome de fotossíntese bruta. O crescimento de uma planta é avaliado por meio da variação de alguns aspectos em função do acúmulo do material resultante da fotossíntese líquida.

A fotossíntese líquida é definida como a diferença entre a fotossíntese bruta e o que é consumido durante a respiração. A respiração é um processo de combustão lenta dos carboidratos produzidos pela fotossíntese, liberando energia para a manutenção do metabolismo vegetal. Para que haja crescimento, a geração de energia química e de carboidratos tem que ser suficiente para atender às necessidades metabólicas do material existente e promover adição de novo material.

---

<sup>7</sup> TAIZ, L.; ZEIGER, E. Stress physiology. In: \_\_\_\_\_. **Plant Physiology**. 2.ed. Sunderland; Massachusetts: Sinauer Associate, 1998. p. 725-754.

Durante a fotossíntese, principal atividade responsável pela produção de energia (ATP), uma série de elementos, incluindo a água, são capturadas em quantidades necessárias para o desenvolvimento vegetal. Em situação de estresse, as plantas são capazes de apresentar certo grau de aclimatação e posterior adaptação às características presentes. Ferreira et al. (1999) concluíram que a rustificação de mudas de *Eucalyptus citriodora*, fundamentada em níveis de restrição hídrica, proporcionou alterações como o rápido fechamento estomático quando em condições de altas taxas de *deficit* de pressão de vapor e radiação fotossinteticamente ativa; porém, sempre mantendo um alto *status* hídrico do tecido. O potencial hídrico foliar foi a variável mais consistente para evidenciar as alterações fisiológicas. O manejo mais indicado se referiu a adoção de uma ou duas 2 irrigações diárias, durante quinze dias.

Gomes<sup>8</sup> (1994 apud REIS; REIS, 1997) verificou que *E. camaldulensis* é comparativamente a espécie com controle estomático mais eficiente, seguida por *E. urophylla* e por fim de *E. pellita*. Portanto, *E. camaldulensis* é uma das espécies mais adaptadas a regiões com deficiência hídrica elevada, como no cerrado mineiro. Alfenas et al. (2004) citam que *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. dunnii*, *E. grandis*, *E. saligna* e *E. pellita* são suscetíveis à deficiência hídrica, enquanto que, *E. cloenziana*, *E. pyrocarpa*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* são mais tolerantes. *E. camaldulensis*, *E. occidentalis* e *E. viminalis* são espécies altamente tolerantes à salinidade e ao encharcamento com água salina, fato esse relacionado às condições ambientais que prevalecem na região de origem das sementes na Austrália (KAPLAN, 1983).

### 2.6.2 Transpiração

A transpiração das plantas ocorre segundo as leis que regem a evaporação da água de superfícies úmidas (SILVA, M., 2003). Segundo Cool et al. (1992), os fatores externos (temperatura, umidade atmosférica, umidade do solo, iluminação, concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> na atmosfera e velocidade do vento, principalmente) influenciam a transpiração à medida que alteram a diferença da pressão de vapor entre a superfície da planta e o ar que a envolve. Calder; Hall e Aldard (1992) citam, além desses fatores, mecanismos fisiológicos relacionados com a resposta estomática a fatores ambientais, estrutura da copa e disponibilidade de água no solo.

---

<sup>8</sup> GOMES, R.T. **Efeito do espaçamento no crescimento e relações hídricas de Eucalyptus spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

Inoue e Ribeiro (1988) relatam que, sob condições idênticas, as diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economia de água pela planta. À medida que o solo vai se tornando mais seco, a absorção começa a diminuir e a perda de água pelas plantas tende a decrescer concomitantemente (LIMA, 1996).

Assim sendo, a transpiração é uma das principais ferramentas para se inferir sobre a demanda hídrica das culturas. “Informações sobre a perda de água pelas plantas através da transpiração são de grande importância na escolha de material genético, bem como das técnicas de manejo das plantas para se obter o máximo de produtividade” (REIS; REIS, 1997, p. 17). Melo (1961) observou que o pico diário da transpiração, em plantas de *Eucalyptus alba*, encontra-se nas horas mais quentes do dia (às 12 e às 13h). Contudo, como a transpiração é afetada por numerosas variáveis ambientais e biológicas, é difícil a reprodução dos dados, mesmo em condições experimentais semelhantes (PASSOS, 1996).

### 2.6.3 Consumo hídrico do eucalipto

Diversos mitos têm sido relacionados ao cultivo do eucalipto, como por exemplo, o questionável potencial que o gênero apresenta em secar o solo. Assim como para os demais impactos ambientais, na maioria das vezes, as crenças nas desvantagens não foram fundamentadas em bases técnicas e precisam ser mais bem investigadas. Melo (1961) cita que, quanto ao seu consumo hídrico, não existem razões para não indicar a cultura do eucalipto. Os avanços recentes no estudo da eficiência do uso da água têm demonstrado que este gênero florestal possui mecanismos fisiológicos que regulam a absorção e a perda de água, influenciando diretamente a produtividade florestal, isto é, a quantidade de madeira produzida anualmente por ha, em função do volume de água consumida (ARACRUZ, 2005).

Estudos iniciais evidenciaram um alto consumo hídrico para o eucalipto. Todavia, mesmo os autores, verificaram a impossibilidade de alguns valores. Franco e Inforzato<sup>9</sup> (1950 apud FERRI, 1957) publicaram para uma plantação de *E. saligna*, aos sete anos, com espaçamento de 2 m, um dispêndio de 75.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de água (representando 30 m<sup>3</sup>.planta<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ou cerca de 82 L.dia<sup>-1</sup>.planta<sup>-1</sup>), que, conforme Lima (1996), corresponderia ao valor médio de 7.500 mm

---

<sup>9</sup> FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. Transpiração de *Eucalyptus saligna* Sm. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 29-30. 1950.

anuais de evapotranspiração. Posteriormente, Franco e Inforzato<sup>10</sup> (1952 apud FERRI, 1957) anunciaram a necessidade de reduzir a cifra para um valor mais baixo, de 49.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de água (19,6 m<sup>3</sup>.planta<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ou 54 L.dia<sup>-1</sup>.planta<sup>-1</sup>).

Valores ainda mais exorbitantes foram publicados. É possível encontrar na literatura alegações que uma árvore de eucalipto possa consumir cerca de 360 L.dia<sup>-1</sup> de água (TIWARI; MALTHUR<sup>11</sup>, 1983 apud LIMA 1996). Lima (1996) cita que em espaçamento 2x2 m, o resultado equivaleria a uma evapotranspiração diária de cerca de 90 mm. Supondo-se que esse valor fosse correspondente ao pico da transpiração diária, e que a média diária fosse a metade, ainda assim a evapotranspiração anual alcançaria a “cifra astronômica” de 16.425 mm. “Tais valores de evapotranspiração são altamente improváveis e fisicamente não realísticos, levando-se em conta a quantidade normal de energia solar disponível para a evaporação da água. Mesmo para regiões equatoriais, essa quantidade de energia solar disponível aparentemente permite uma evaporação anual no limite de aproximadamente 1.500 mm (GILMOUR, 1975; SHUTTLEWORTH et al., 1989)” (LIMA, 1996, p. 26). Através de cálculos, Camargo (1975) demonstra que a evaporação potencial anual seria de 1.620 mm, ou, em média, 4,5 mm.dia<sup>-1</sup>, em região equatorial e ao nível do mar. O autor cita ainda que, esse valor pode ser superado, porém, somente em condições extremamente áridas ou desérticas, onde além da energia solar direta, há um suprimento adicional de energia advectiva através dos ventos secos e quentes.

Percebemos que muitos resultados geram controvérsias e não devem ser adotados sem que antes façamos uma análise crítica. Conforme a FAO (1989), cabe ao pessoal qualificado julgar objetivamente sobre os relativos méritos e as desvantagens do eucalipto, em cada instância específica. No Brasil, o fato da espécie de ser considerada exótica tem sustentado especulações quanto ao impacto de seu consumo hídrico, deste modo, comparativamente, alguns autores procuraram averiguar a demanda de água das espécies nativas e posteriormente, das culturas agronômicas.

---

<sup>10</sup> FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. [s.n.]. Serviço Florestal do Estado, Secretaria da Agricultura, São Paulo, 1952.

<sup>11</sup> TIWARI, K.M.; MATHUR, R.S. Water consumption and nutrient uptake by *Eucalyptus*. **Indian Forester**, Calcutta, n. 109, p. 851-860, 1983.



Villaça e Ferri<sup>12</sup> (1954 apud FERRI, 1957) calcularam que a demanda hídrica de plantas de cedro rosa (*Cedrela fissilis*), foi de  $37,5 \text{ m}^3 \cdot \text{planta}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , indicando um consumo bem superior ao do *E. saligna* ( $19,6 \text{ m}^3 \cdot \text{planta}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ), evidenciado por Franco e Inforzato (1952).

Em condições de cultivo no estado de São Paulo, Melo (1961) comparou a transpiração do *Eucalyptus alba* à transpiração da aroeira preta (*Astronium urundeuva*) e do angico vermelho (*Piptadenia rigida*), espécies nativas, igualmente indicadas para reflorestamentos em terras de baixa fertilidade. Durante o outono não houve diferença entre as três espécies. No inverno e na primavera, épocas de escassez de chuvas, a predominância no consumo foi do angico, seguido da aroeira, sendo que o eucalipto atingiu seu consumo mais baixo no inverno, o que demonstra redução nas suas atividades metabólicas. Durante o verão, o eucalipto apresentou a maior demanda, mas o impacto pode ser compensado pelo alto índice de chuvas, minimizando as possibilidades da espécie em utilizar as reservas hídricas do solo. Sendo assim, verificamos que as espécies nativas apresentaram um potencial maior de exaurir as reservas de água do solo.

Pacheco et al. (2004) calcularam a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) do *Eucalyptus globulus* para vários períodos, correlacionando níveis de chuva e, ou irrigação com o armazenamento de água no solo e verificaram que, quando na presença desses, a ET<sub>r</sub> foi alta (8 a 10 mm.dia<sup>-1</sup>), em consequência à alta evaporação de água do solo. Quando a ET<sub>r</sub> foi calculada durante um período sem irrigação (só levando em conta a variação de água no solo, porém com condições não limitadas, com armazenamento de água disponível, superior a 80%), os valores decrescem para 5 ou 6 mm.dia<sup>-1</sup>. E finalmente, quando a disponibilidade de água do solo é adequada mas a superfície de evaporação do solo é muito baixa (principalmente com os 10 cm da camada superficial quase seco), a ET<sub>r</sub> variou de 3,5 a 4,5 mm.dia<sup>-1</sup>. Os autores citam ainda que, considerando a irrigação global requerida pelo eucalipto, em comparação ao milho ou beterraba, os valores não são tão diferentes: milho (600-800 mm.ano<sup>-1</sup>), beterraba (1000-1200 mm.ano<sup>-1</sup>) e eucalipto (800-1000 mm.ano<sup>-1</sup>).

De acordo com a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (2005), a maior parte da água consumida é utilizada como solvente e transportador de nutrientes (sais minerais), e, após o uso, essa água é devolvida ao ambiente na forma de transpiração.

---

<sup>12</sup> VILLAÇA, H.; FERRI, M.G. Transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 11, p. 1-29, 1954.

Tabela 9 – Quantidade aproximada de água utilizada pelo eucalipto para crescimento e transpiração

Precipitação pluvial anual (mm)	Água utilizada (mm)
500	450
1.200	1.000
superior a 1.500	1.500

Fonte: FAO (1989).

Como a demanda hídrica se manifesta por meio da transpiração e a grandeza dessa é proporcional à superfície exposta, o eucalipto, por ser uma planta de rápido crescimento e bem enfolhada, deve mesmo apresentar alto consumo (FERRI, 1957), porém, variado em função da espécie, do estágio de desenvolvimento, da localidade, do espaçamento, da estação do ano, entre outros. Todas as espécies arbóreas de rápido crescimento consomem muita água visto que isso está ligado diretamente ao seu porte, ou seja, o consumo de água versus quantidade de biomassa produzida (COMPANHIA PAULISTA DE ESTRADAS DE FERRO, 2005).

A FAO (1989) relata que o eucalipto tem um elevado índice de utilização da água por unidade de tempo e esse fator está em harmonia com sua alta taxa de crescimento. Além disso, por ser uma árvore que possui copas menores que as das espécies nativas, o eucalipto permite que uma maior quantidade de água das chuvas atinja o solo (ARACRUZ, 2005).

Conforme Kramer e Boyer (1995), os estudos de eficiência de uso da água mostram que a produção de matéria seca é linearmente proporcional à quantidade de água utilizada. Ao longo da evolução, têm sido desenvolvidas alterações no metabolismo, aumentando a capacidade da planta em resistir a um suprimento de água limitante, particularmente na fotossíntese. A quantidade de matéria seca depende da capacidade de interceptação da radiação e do período de balanço das trocas gasosas. “Para produzir uma unidade de matéria lenhosa as árvores jovens requerem entre 300 e 500 unidades de água, mas à medida que envelhecem, sua eficiência diminui e necessitam mais água por unidade de matéria lenhosa” (FAO, 1989, p. 6). “O eucalipto utiliza menos água que o pinheiro, mas provavelmente mais que as outras árvores latifólias. Todas as florestas densas utilizam mais água que os arbustos ou pastos. O consumo de água é proporcional à quantidade de biomassa (madeira, galhos e folhas) produzida” (FAO, 1989, p. 12).

Tabela 10 – Produção ( $\text{g.L}^{-1}$ ) de diferentes culturas ou coberturas vegetais

Cultura	Produção ( $\text{g.L}^{-1}$ )	Cultura	Produção ( $\text{g.L}^{-1}$ )
<i>E. grandis</i> (madeira)	2,9	Cana-de-açúcar	1,8
<i>Pinus caribea</i> (madeira)	2,1	Trigo (grão)	1,0
Cerrado	0,4	Feijão (grão)	0,5

Fonte: Novais; Barros e Costa (1996).

Tabela 11 – Índice de consumo de água por unidade de biomassa produzida ( $L.g^{-1}$ ) de espécies arbóreas

<b>Espécies de árvores</b>	<b><math>L.g^{-1}</math></b>	<b>Espécies de árvores</b>	<b><math>L.g^{-1}</math></b>
<i>Eucalyptus</i> spp.	0,51	<i>Acacia auriculiformis</i>	0,86
<i>Albizzia lebbek</i>	0,58	<i>Dalbergia sissoo</i>	0,89
<i>Syngium cuminii</i>	0,61	<i>Pongamia pinnata</i>	1,30

Fonte: FAO (1989).

Na Tabela 12, verifica-se que o limite superior de consumo hídrico do eucalipto coincidiu ao apresentado para café, citros e espécies arbóreas; quando comparado às culturas de ciclo curto, como feijão, milho e trigo, o consumo foi superior, contudo, convém observar, que para o eucalipto o tempo considerado foi um ano e para as culturas, equivaleu-se, o ciclo.

Tabela 12 – Consumo hídrico ( $C_{\text{hidr}}$ ) e eficiência do uso da água ( $Ef_{\text{uso}}$ ) de algumas culturas agrícolas, cerrado e eucalipto

<b>Cultura</b>	<sup>(4)</sup> $C_{\text{hidr}}$ (mm)	<sup>(3)</sup> $Ef_{\text{uso}}$ ( $L.kg^{-1}$ )	<b>Cultura</b>	<sup>(4)</sup> $C_{\text{hidr}}$ (mm)	<sup>(3)</sup> $Ef_{\text{uso}}$ ( $L.kg^{-1}$ )
Alfafa	800 – 1.600 <sup>(1)</sup>	...	Couve	380 – 500 <sup>(1)</sup>	...
Algodão	700 – 1.300 <sup>(1)</sup>	...	Eucalipto	800 – 1.200 <sup>(2)</sup>	350
Banana	1.200 – 2.200 <sup>(1)</sup>	...	Feijão	300 – 500 <sup>(1)</sup>	...
Batata	500 – 700 <sup>(1)</sup>	2.000	Feijão	300 – 600 <sup>(2)</sup>	...
Café	800 – 1.200 <sup>(2)</sup>	...	Milho	400 – 800 <sup>(2)</sup>	1.000
Cana-de-açúcar	100 – 2.000 <sup>(2)</sup>	500	Milho	500 – 800 <sup>(1)</sup>	...
Cerrado	...	2.500	Noz	500 – 700 <sup>(1)</sup>	...
Citrus	900 – 1.200 <sup>(1)</sup>	...	Sorgo	450 – 650 <sup>(1)</sup>	...
Citrus	600 – 1.200 <sup>(2)</sup>	...	Trigo	450 – 650 <sup>(1)</sup>	...

Notas: ... dado numérico não disponível.

<sup>(1)</sup> León (1999)

<sup>(2)</sup> Novais; Barros e Costa (1996).

<sup>(3)</sup> Calder; Hall e Adlard (1992); Lima (1996).

<sup>(4)</sup> durante um ano ou ciclo da cultura.

As grandes culturas agrícolas do mundo são exóticas, sem quaisquer contestações, como é o caso de milho, trigo, arroz, batata, mandioca, café, cana-de-açúcar, entre inúmeras outras. Além do exotismo desses cultivos, os impactos ambientais decorrentes da elevada demanda de água e nutrientes minerais, uso intensivo do solo, perdas por erosão, uso de pesticidas e adoção de monoculturas extensivas, principalmente, não são tão questionados. Se as culturas agrícolas são uma necessidade para a alimentação da humanidade, e seus efeitos são mitigados perante o papel social dos cultivos, o eucalipto também exerce uma função importante, gerando a sustentabilidade de inúmeros setores produtivos e a preservação de nossas matas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização geográfica e classificação climática

Os experimentos foram conduzidos no viveiro de produção de mudas florestais da empresa Eucatex S/A ind. & com., Fazenda Santa Terezinha, localizado no município de Bofete – SP, sob coordenadas geográficas de 23°03'49" de Latitude Sul e 48°11'05" de Longitude Oeste, a 580 m de altitude. Conforme a classificação climática de Köppen a região apresenta clima do tipo *Cwa*, que, segundo Vianello e Alves (1991) é definido por mesotérmico úmido, com temperatura média do mês mais frio entre 18 e -3°C, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, verões chuvosos e inverno seco, sendo a precipitação média do mês mais seco inferior a 60 mm.

Conforme os valores gerais de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) apresentados por Doorenbos e Kassam (2000), estima-se que a região apresente valores de ET<sub>o</sub> entre 3 e 6 mm.dia<sup>-1</sup>, conforme temperatura média diurna.

#### 3.2 Espécies e produção das mudas

As mudas de *E. urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis* – CA) e de *E. plathyphylla* (*E. urophylla* var *plathyphylla* – CB) foram produzidas pelo processo convencional de mini-estaquia, em tubetes de polietileno, cônicos de bases quadradas com quatro estrias internas salientes longitudinais e equidistantes, com dimensões de 12 cm de comprimento, 6,25 cm<sup>2</sup> de área na abertura superior, 1 cm<sup>2</sup> na abertura inferior, perfazendo um volume de 50 cm<sup>3</sup> preenchidos com o substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> florestais estaca, da Eucatex – Divisão Mineral.

Como suporte para os tubetes foram utilizadas bandejas de polietileno com dimensões de 59 cm x 39 cm e capacidade para 176 mudas. Durante o enraizamento das estacas e a aclimação das mudas em casa de vegetação a ocupação das bandejas foi de 100%, entretanto, durante o crescimento à céu aberto a ocupação das bandejas não foi total, sendo descrita no item 3.3. Segundo Gricolletti Júnior; Auer e Santos (2001), é necessário espaçar as mudas para facilitar a ventilação, a insolação e até mesmo a captação da água de irrigação.

##### 3.2.1 Caracterização física do substrato

As características do meio de cultivo foram determinadas no Laboratório de Análises Físicas de Substrato, no Departamento de Horticultura – ESALQ/USP, por meio de 6 repetições.

A metodologia aplicada na determinação da massa específica (Equação 1), da porosidade de aeração (Equação 2), do espaço preenchido por água (Equação 3) e do espaço poroso total (Equação 4) seguiu a descrita por Fabri (2004), adaptada de Smith e Pokorny (1977). As amostras do substrato foram acondicionadas em cilindros de aço inoxidável de 3 cm de altura por 4,7 cm de diâmetro, correspondendo a 52,02 cm<sup>3</sup> ( $V_{cil}$ ) e mantidas em uma bandeja com água deionizada para saturação por 24 horas (Figura 12). Com o substrato saturado, obteve-se a massa de cada amostra ( $P_{sat}$ ) que em seguida foram colocadas na mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água por 24 h (Figura 13), procedendo-se posteriormente a pesagem ( $P_{10}$ ). Novamente as amostras foram levadas à mesa de tensão, porém, a 50 cm de coluna d'água, e outra pesagem foi realizada após 24 h ( $P_{50}$ ). Em seguida as amostras foram levadas para estufa de secagem a 65°C (24 h) para a obtenção da massa seca ( $P_s$ ). Os resultados das equações estão expostos na Tabela 13.

$$Da = \frac{P_s}{V_{cil}} \quad (1)$$

$$Pa_{10;50} = \frac{(P_{sat} - P_{10;50})}{V_{cil}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ea_{10;50} = \frac{(P_{10;50} - P_s)}{V_{cil}} \times 100 \quad (3)$$

$$EPT = \frac{(P_{sat} - P_s)}{V_{cil}} \times 100 \quad (4)$$

Em que:  $Da$  – massa específica (g.cm<sup>-3</sup>);  $P_s$  – massa seca da amostra após secagem por 24 horas em estufa a 65°C (g);  $V_{cil}$  – volume do cilindro (cm<sup>3</sup>);  $Pa$  – porosidade de aeração (%);  $P_{sat}$  – peso da amostra saturada (g);  $P_{10}$  – massa da amostra após drenagem, em mesa de tensão de 10 cm de coluna d'água (g);  $P_{50}$  – massa da amostra após drenagem, em mesa de tensão de 50 cm de coluna d'água (g);  $Ea$  – espaço preenchido com água (%);  $EPT$  – espaço poroso total (%).

Tabela 13 – Resultado da análise física do substrato

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
$Da$	0,3 g.cm <sup>-3</sup>	$EPT$	66,5%
$Pa_{10}$	19,8%	$Ea_{10}$	46,7%
$Pa_{50}$	30,0%	$Ea_{50}$	36,5%



Figura 12 – Cilindros preenchidos com substrato durante o processo inicial de saturação



Figura 13 – Cilindros saturados alocados em mesa de tensão de 10 cm de coluna d'água



Figura 14 – Agitador mecânico utilizado na análise granulométrica

A metodologia empregada na análise granulométrica foi apresentada por Fabri (2004), adaptada de Prasad (1979) e Bilderback; Fonteno e Johnson (1982). Foram pesadas seis amostras (100 g) de substrato seco ao ar. As amostras foram colocadas no agitador mecânico (Figura 14) composto por peneiras ordenadas de acordo com as malhas (4,75; 2,0; 1,0; 0,71; 0,60; 0,297 mm) dos quais foram agitadas por 2 minutos a 240 agitações por minuto. Ao final do tempo, o conteúdo em cada peneira e no prato coletor foram determinados por pesagem. De acordo com esse método, a soma de todas as frações não deve ser inferior a 98% do peso inicial, sendo a diferença incorporada à fração mais fina (GERVÁSIO, 2003).

O balanço entre as dimensões das partículas pode proporcionar a adequada relação entre macro e microporos. Conforme os valores evidenciados na Figura 15, 52,7% das partículas apresentaram tamanhos inferiores à 1 mm, indicando que o material apresenta moderada retenção de água. Em substratos, essa característica é importante, uma vez que quanto menor, maior é a frequência de aplicação da lâmina d'água.

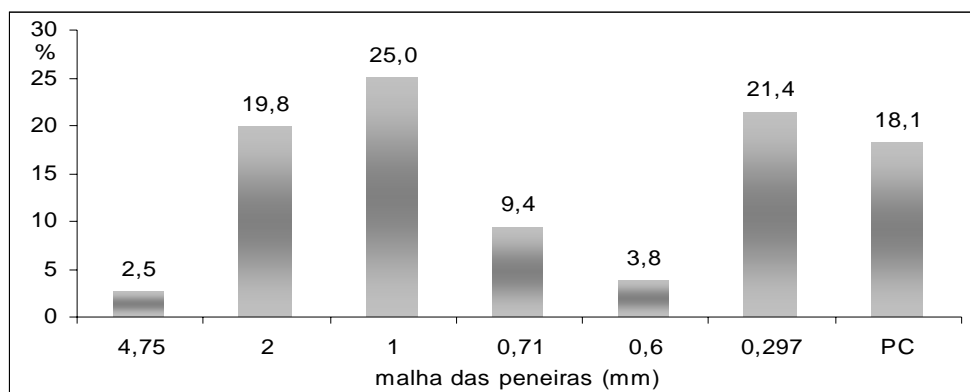


Figura 15 – Distribuição granulométrica do substrato, conforme a malha das peneiras

### 3.3 Estádio de desenvolvimento e avaliações

A pesquisa foi procedida em pátio de pleno sol, na fase de crescimento das mudas. Durante as fases anteriores, a irrigação e os demais tratamentos silviculturais foram conduzidos conforme rotina operacional do viveiro. Alguns dias antes da instalação dos experimentos, as mudas passaram por uma seleção objetivando uma maior homogeneidade inicial dentre os tratamentos.

A primeira coleta de plantas foi realizada no dia de instalação dos experimentos e a última, 56 dias após, quando as mudas encontravam-se aptas a rustificação. Para cada experimento foram realizadas 5 avaliações (onde se adotou o procedimento de análise destrutiva das plantas) efetuadas em intervalos regulares de 14 dias. Foram tomados os seguintes cuidados: i) as mudas de bordadura não foram avaliadas; ii) as mudas coletadas foram repostas a fim de manter a densidade inicial de produção, no entanto, estas mudas (cultivadas no final dos canteiros) tiveram seus tubetes marcados para evitar sua coleta nas próximas avaliações.

#### 3.3.1 Experimento 1: verão de 2003

O experimento foi conduzido entre os dias vinte e sete de janeiro e vinte e quatro de março de 2003, época em que as mudas se encontravam com 42 e 98 dias após estaquia (DAE), respectivamente. A densidade de produção foi de aproximadamente 390 mudas.m<sup>-2</sup> (50% da ocupação das bandejas) para o clone *E. plathyphylla* e de 280 mudas.m<sup>-2</sup> (36,36% de ocupação das bandejas) para o clone *E. urograndis*.

Foram realizadas seis adubações de crescimento, aplicadas sobre o dossel, conforme o receituário adotado pelo viveiro no verão. O total de nutrientes foi de 1.764 g de nitrato de cálcio, 1.200 g de MAP, 678 g de KCl, 798 g de uréia, 840 g de sulfato de magnésio e 420 mL de solução de micronutrientes composta por bórax, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, molibdato de sódio e ferro.



Figura 16 – Vista parcial do viveiro



Figura 17 – Vista da área experimental



Figura 18 – Adubação de cobertura

### 3.3.2 Experimento 2: inverno de 2003

O experimento foi conduzido entre os dias quatro de agosto e vinte e nove de setembro de 2003, época em que as mudas se encontravam, respectivamente, com 42 e 98 DAE. A densidade de produção foi de 280 mudas.m<sup>-2</sup> para ambos os clones.

Foram realizadas sete adubações de crescimento, aplicadas sobre o dossel, conforme o receituário adotado pelo viveiro no inverno. O total de nutrientes foi de 3.990 g de nitrato de cálcio, 2.590 g de MAP, 1.540 g de KCl, 1.155 g de uréia, 1.890 g de sulfato de magnésio e 910 mL de solução de micronutrientes, cuja composição foi apresentada no item 3.3.1.

### 3.3.3 Experimento 3: verão de 2004

O experimento foi conduzido entre os dias trinta e um de janeiro e vinte e sete de março de 2004, aos 46 e 102 DAE, respectivamente. A densidade de produção foi de 300 mudas.m<sup>-2</sup> (38,64% de ocupação das bandejas) para os dois clones.

Foram realizadas oito adubações de crescimento, aplicadas sobre o dossel, conforme o receituário adotado pelo viveiro no verão. O total de nutrientes foi de 4.080 g de nitrato de cálcio, 2.640 g de MAP, 1.600 g de KCl, 1.200 g de uréia, 1.960 g de sulfato de magnésio e 800 mL de solução de micronutrientes, seguindo a composição apresentada em 3.3.1.

## 3.4 Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada via aspersão, sobre o dossel das mudas. Para a aplicação das lâminas foram utilizados microaspersores (vazão nominal equivalente a 260 L.h<sup>-1</sup> a uma pressão de serviço de 1,5 bar) com jato direcional do tipo “bailarina”. Os aspersores foram posicionados a uma altura de 1,5 m do chão e 0,85 m acima da estrutura dos canteiros. O espaçamento entre os emissores foi de 5 m e entre as linhas de irrigação, de 4,6 m. Os diâmetros da base dos microaspersores, da tubulação da haste dos emissores e da tubulação da linha lateral foram de ½, ¾ e 2 polegadas, respectivamente.

As mudas de *E. urograndis* (CA) e *E. plathyphylla* (CB) foram submetidas a manejos hídricos (H), distribuídos em 4 níveis e denominados por H0, H1, H2 e H3 (Tabela 14). O manejo H0 foi tido como testemunha e representou a rotina operacional adotada pelo viveiro, sendo realizadas 3 irrigações diárias (aplicadas por volta das 7:00, 11:00 e 16:00 h) com turno de rega de



0,33h.irrigação<sup>-1</sup>. Porém, quando observados elevados índices pluviométricos algumas irrigações poderiam ser suspensas, de forma a minimizar o encharcamento do substrato.

Mediante o sistema de irrigação não possuir válvulas reguladoras de pressão, cada linha apresentou uma vazão (Tabela 14). No entanto, as normas de aplicação das lâminas irrigadas fizeram com que cada vazão fosse constante dentro de seu manejo.

Com o tempo de acionamento, a vazão e o espaçamento entre linhas e entre emissores, foram determinadas as lâminas de irrigação ( $L_I$ , mm) supostamente aplicadas (Tabela 14). As  $L_I$  foram calculadas conforme a Equação 5. Para o cálculo da lâmina total aplicada sobre o dossel ( $L_T$ , mm), somou-se aos valores da irrigação, a lâmina de chuva ( $L_C$ , mm) precipitada no período (Equação 6).

$$L_I = \frac{q}{Se.SI} . 1000 . t \quad (5)$$

$$L_T = L_I + L_C \quad (6)$$

Em que:  $q$  – vazão do microaspersor,  $m^3.h^{-1}$ ;  $Se$  – espaçamento entre microaspersores, m;  $SI$  – espaçamento entre linhas de irrigação, m;  $t$  – tempo total de acionamento da irrigação, h.

A Tabela 14 evidencia a estimativa da lâmina irrigada ( $L_{Iest}$ ) para cada linha de serviço, contudo, perante os índices de chuva do período e a conseqüente suspensão de algumas irrigações, os resultados apresentados em cada experimento foram diferentes do proposto.

Tabela 14 – Estimativa da lâmina irrigada ( $L_{Iest}$ ) em função do tempo proposto de acionamento do sistema de microaspersão ( $t$ ), vazão das linhas ( $q$ ) e espaçamento entre emissores ( $Se$ ) e linhas ( $SI$ )

Nível de manejo hídrico	$L_{Iest}$ (mm)	Acionamento do sistema – $t$			$q$ ( $m^3.h^{-1}$ )	$Se \times SI$ ( $m^2$ )
		fração	diária	total (56 dias)		
H0	460,2	3 x 0,33h	1,00 h.dia <sup>-1</sup>	56 h.fase <sup>-1</sup>	0,189	5 m x 4,6 m
H1	325,0	3 x 0,25h	0,75 h.dia <sup>-1</sup>	42 h.fase <sup>-1</sup>	0,178	5 m x 4,6 m
H2	174,1	3 x 0,17h	0,50 h.dia <sup>-1</sup>	28 h.fase <sup>-1</sup>	0,143	5 m x 4,6 m
H3	79,1	3 x 0,08h	0,25 h.dia <sup>-1</sup>	14 h.fase <sup>-1</sup>	0,130	5 m x 4,6 m

Como forma de suavizar a discrepância pluvial entre os diferentes anos e determinar níveis de chuva que permitam suprimir irrigações, calculou-se a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ ), que foi fundamentada na lâmina total ( $L_T$ ) e dividida pelo número de dias do ciclo, no caso, 56. A  $L_{DE}$

aplicada sobre o dossel foi calculada com a finalidade de minimizar a interferência da chuva nas lâminas de irrigação, possibilitando a adequação do manejo hídrico em função da chuva ocorrida.

### 3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Os três experimentos foram instalados em blocos casualizados, no esquema em faixas, considerando-se 4 blocos. Foram adotados 4 níveis de manejo hídrico ( $H0$ ,  $H1$ ,  $H2$  e  $H3$ ), distribuídos em faixas verticais e, 2 clones ( $CA$  e  $CB$ ), distribuídos em faixas horizontais. O cruzamento das faixas originou os 8 tratamentos envolvidos nos experimentos e presentes em cada bloco ( $H0CA$ ,  $H0CB$ ,  $H1CA$ ,  $H1CB$ ,  $H2CA$ ,  $H2CB$ ,  $H3CA$  e  $H3CB$ ), perfazendo um total de 32 parcelas. Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 4 bandejas, seguindo a densidade de mudas descrita no item 3.3. O valor de cada parcela foi resultante da média de 4 plantas. O croqui da área e o esquema de delineamento experimental são expostos na Figura 19.

A análise dos dados foi efetuada aplicando-se a técnica da análise de variância (ANOVA), cujo esquema (fundamental) é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Fonte de variação e grau de liberdade do delineamento experimental, apresentado em sua forma fundamental

<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>GL</b>
Bloco	r-1	3
Tratamento A: Lâminas	tA-1	3
Resíduo (a)	(tA-1) (r-1)	9
Tratamento B: Clones	tB-1	1
Resíduo (b)	(tB-1) (r-1)	3
Interação (A x B)	(tA-1) (tB-1)	3
Resíduo (c)	(tA-1) (tB-1) (r-1)	9
Total	(tA tB r)-1	31

Os cálculos estatísticos foram processados no programa SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System). Primeiramente, foi verificada a normalidade dos dados ao nível de 1%. Posteriormente, por meio do procedimento “Proc Mixed”, aplicou-se a técnica de comparação múltipla como forma de testar os efeitos (causa de variação) do bloco e dos tratamentos sobre os resultados. Foram testados os efeitos de bloco, bloco x lâmina, bloco x clone, lâmina, clone e lâmina x clone, e, estabeleceu-se que a significância estaria a um nível de 5%, para os resultados do “Teste t”. Quando a interação lâmina x clone foi significativa, foi necessário desmembrá-la através do

recurso “slice”. O procedimento “Proc Mixed” permite que o próprio programa faça as adequações dos graus de liberdade para as fontes de variação.

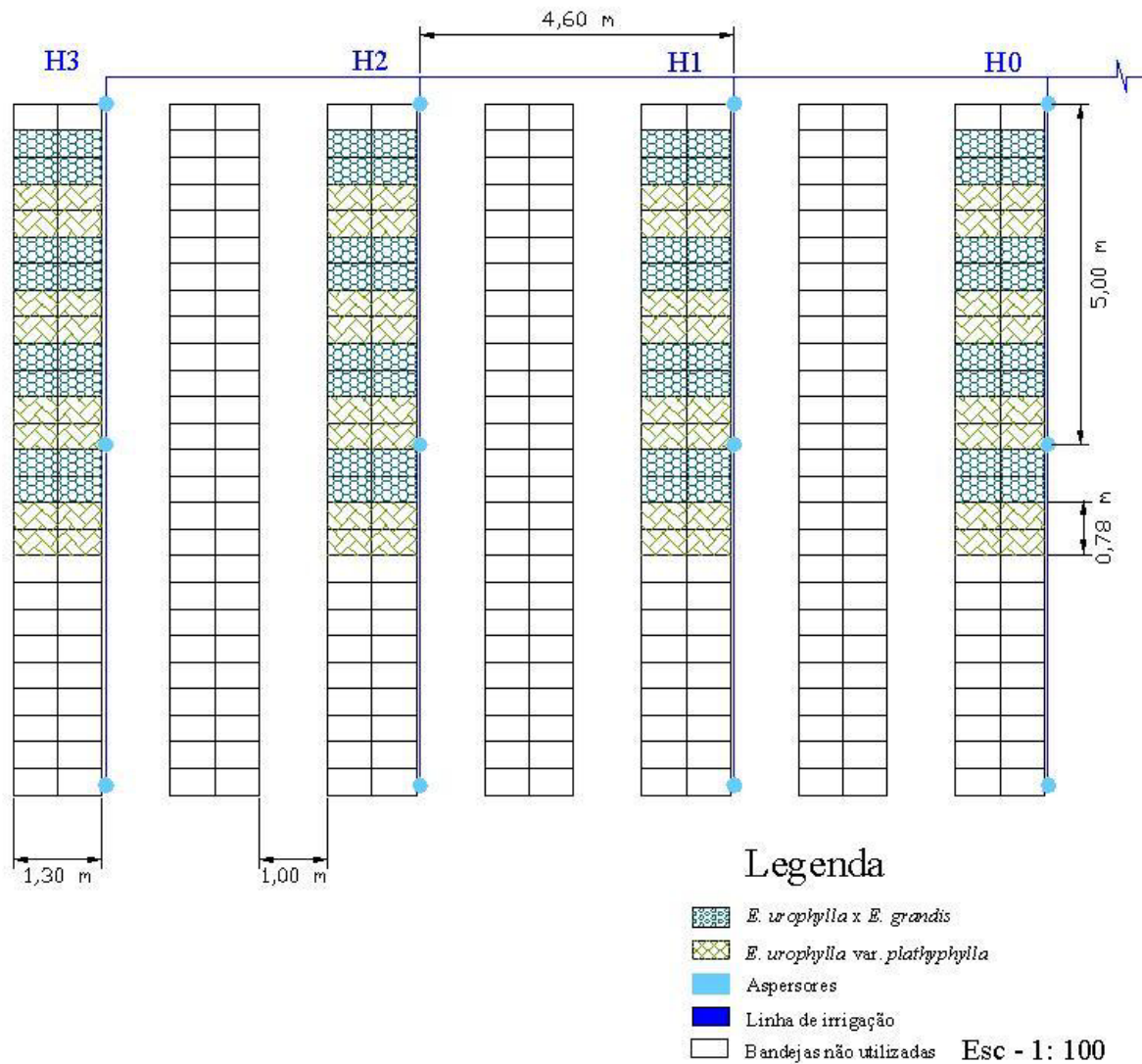


Figura 19 – Croqui da área e delineamento experimental

### 3.6 Parâmetros climáticos

Valores diários de temperatura do ar mínima ( $T_{\min}$ , °C) e máxima ( $T_{\max}$ , °C), umidade relativa do ar mínima ( $UR_{\min}$ , %) e máxima ( $UR_{\max}$ , %), chuva (C, mm) e evaporação do tanque classe A (ECA, mm) foram coletados às 7:00h, em estação climatológica localizada a cerca de 300 m da área experimental.

### 3.7 Parâmetros morfológicos

Foram avaliados os seguintes parâmetros morfológicos: i) diâmetro do caule (DC, mm), considerado à altura do colo, sendo utilizado o paquímetro manual Starrett® – modelo 125B; ii) altura da parte aérea (HPA, cm), considerada a distância entre a superfície do substrato até a inflexão das folhas superiores; iii) área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup> ou dm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), avaliada a partir de medidas de superfície com o equipamento integrador “Area-meter”, modelo Li – 3100 da marca LI-COR®; iv) massa seca (MS, g.planta<sup>-1</sup>), parâmetro avaliado após a massa fresca ter sido acondicionada separadamente em sacos pardos de papel e seguido de secagem em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60°C ± 2°C durante 48 h ou até as amostras atingirem peso constante. Os valores gravimétricos de massa seca foliar (MSF, g), massa seca caulinar com os pecíolos (MSC, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) foram obtidos em balança digital com precisão de 0,01 g. A soma da MSF e MSC resultou na massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>) e o somatório de MSF, MSC e MSR resultaram na massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>).

### 3.8 Função de produção

As funções de resposta das culturas à irrigação constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão a nível empresarial. Os estudos limitam-se a aplicar um tipo de curva, selecionada por intermédio de análise de regressão, aos dados obtidos em experimentos de campo (FRIZZONE, 1993).

Sendo assim, para facilitar a visualização e compreensão das funções de produção, os gráficos (pontos e linha de tendência) foram feitos no Excel®. As equações de regressão e os pontos de máximo produtivo foram obtidos no programa Table Curve®. O ponto de máximo pode também ser obtido, por meio da primeira derivada da equação, e, posteriormente igualada à zero.

As equações de regressão utilizadas foram funções polinomiais de segundo grau, do tipo:

$$y = a + bx + cx^2 \quad (7)$$

Em que  $y$  se refere ao rendimento da cultura;  $a$ ,  $b$  e  $c$  aos coeficientes empíricos determinados por intermédio de análise de regressão; e  $x$  ao valor da lâmina total aplicada (mm).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Praticamente não foi observada ocorrência de pragas e doenças no decorrer dos experimentos. Os casos isolados foram combatidos e a quantidade de mudas afetadas não prejudicou as avaliações.

Para análise estatística dos dados morfológicos, foi adotado o nível de significância de 5%.

### 4.1 Experimento 1: verão de 2003

#### 4.1.1 Parâmetros climáticos

Tabela 16 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{\max}$ , °C), média ( $T_{\text{med}}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %), média ( $UR_{\text{med}}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, mm.dia<sup>-1</sup>) e de chuva (C, mm.dia<sup>-1</sup>) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 1)

Parâmetro	Intervalo entre avaliações (DAE)				Período 42 - 98
	42 - 56	56 - 70	70 - 84	84 - 98	
$T_{\max}$	30,0	31,4	33,3	30,1	31,2
$T_{\text{med}}$	24,8	25,4	26,5	24,3	25,3
$T_{\min}$	19,6	19,4	19,6	18,5	19,3
$UR_{\max}$	88,9	87,5	89,9	90,6	89,2
$UR_{\text{med}}$	64,0	62,9	58,9	65,3	62,8
$UR_{\min}$	39,1	38,4	27,9	40,0	36,3
ECA	...	5,5	5,5	3,6	4,8
C	5,9	7,6	6,0	2,3	5,4

Nota: Sinal convencional utilizado:  
... dado numérico não disponível.

As maiores médias de temperatura e umidade foram apresentadas no intervalo entre 70 e 84 DAE (Tabela 16), por conseguinte, esse pode ter sido o período de maior demanda hídrica.

#### 4.1.2 Lâmina de irrigação

As Tabelas 17 e 18 evidenciam os dados do sistema de irrigação e os valores totais do manejo hídrico. A lâmina irrigada ( $L_I$ ) variou entre 292,54 mm no nível H0 e 65,09 mm no nível H3. Com o acréscimo da chuva (304,6 mm), a lâmina total ( $L_T$ ) aplicada sobre o dossel variou entre 597,14 mm e 369,69 mm nos níveis H0 e H3, respectivamente. A lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ ) máxima foi de 10,66 mm em H0 e a mínima de 6,60 mm em H3.

O elevado índice pluviométrico apresentado no período (Tabela 18) interferiu no manejo da irrigação e fez com que a distinção entre as lâminas fosse menor do que a proposta (Tabela 14).

Tabela 17 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 1)

Nível de manejo hídrico	$t$ (h)	$q$ ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )	$Se \times SI$ ( $m^2$ )	$L_I$ (mm)
H0	35,60	0,189	5 x 4,6	292,54
H1	27,60	0,178	5 x 4,6	213,60
H2	19,60	0,143	5 x 4,6	121,86
H3	11,52	0,130	5 x 4,6	65,09

Tabela 18 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia<sup>-1</sup>) (Exp 1)

Nível de manejo hídrico	$L_I$	$L_C$	$L_T$	% de H0	$L_{DE}$
H0	292,54	304,6	597,14	100	10,66
H1	213,60	304,6	518,20	86,78	9,25
H2	121,86	304,6	426,46	71,42	7,62
H3	65,09	304,6	369,69	61,91	6,60

#### 4.1.3 Parâmetros morfológicos

As Figuras 20 e 21 apresentam as médias pontuais de crescimento dos parâmetros morfológicos, para cada bloco, em cada avaliação. É possível verificar o desempenho do desenvolvimento das mudas no decorrer de 5 avaliações (42, 56, 70, 84 e 98 DAE) e inferir sobre a ação dos 4 diferentes níveis de manejo hídrico (H0, H1, H2 e H3).

Nota-se que no início da aplicação dos tratamentos hídricos (42 DAE), para a maioria das variáveis, os valores sob cada nível de manejo estavam próximos, no entanto, após 28 dias (70 DAE) é possível observar nas mudas do clone *E. urograndis* (CA), o início de uma tendência de diferenciação, principalmente, quanto ao nível H3. Quanto ao clone *E. plathyphylla* (CB), a diferenciação é mais visível a partir dos 84 DAE. Além do curto tempo de aplicação das lâminas diferenciadas, o elevado índice pluviométrico (Tabela 16) pode ter mascarado o crescimento das plantas nos quatro manejos hídricos. A temperatura e a umidade relativa do ar, apresentadas durante a 3ª e a 4ª avaliações podem ter contribuído, em média, para que as mudas sob o manejo H3 apresentassem os menores resultados quando comparadas às mudas sob os demais tratamentos. O fato pode estar relacionado a um início de estresse hídrico no manejo H3, aparentemente recuperado até a avaliação final (98 DAE).

No intuito de dar maior ênfase à qualidade final das mudas, serão discutidos e apresentados os resultados estatísticos referentes aos dados coletados na última avaliação (98 DAE), caracterizando a condição das plantas no final da fase de crescimento.

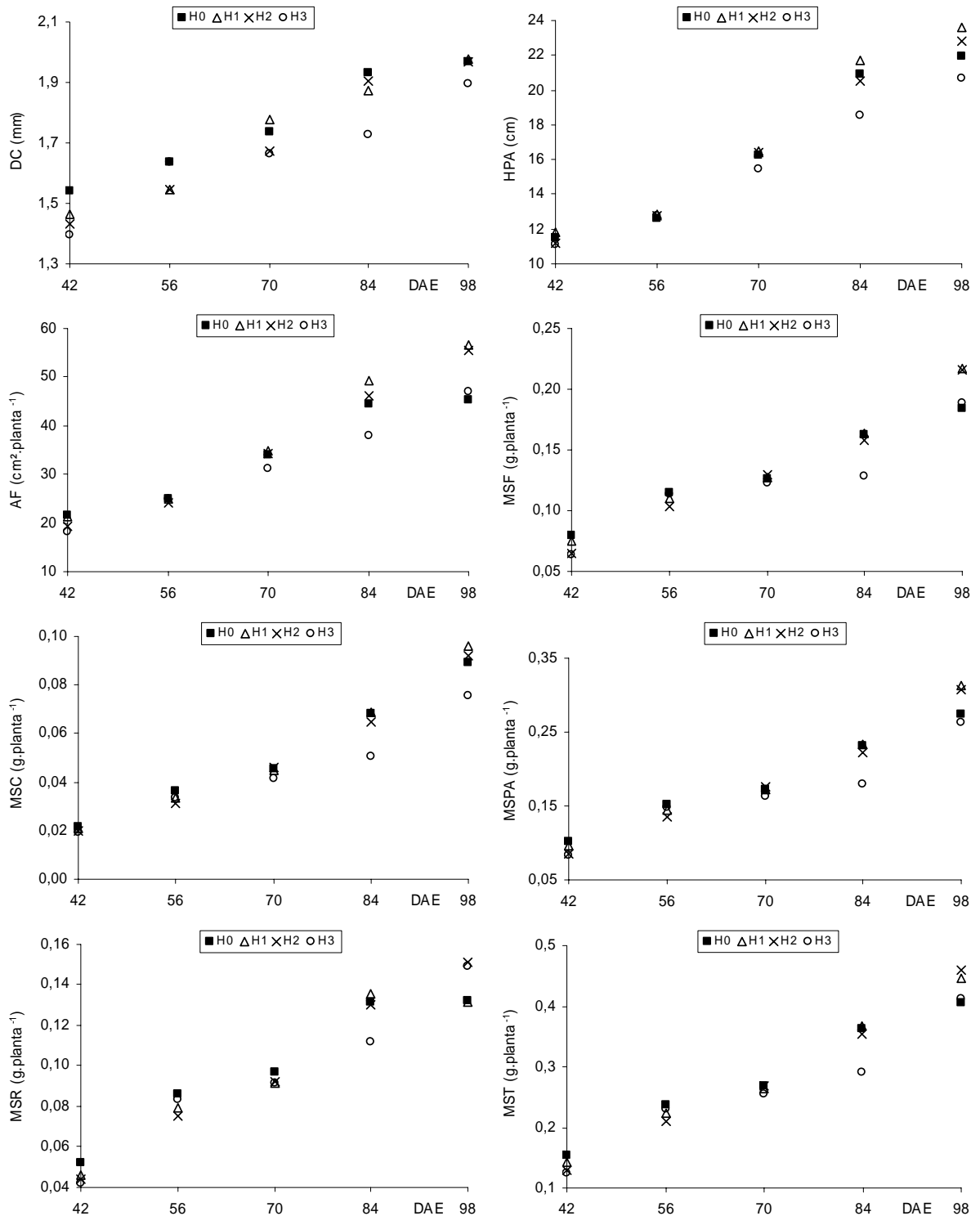


Figura 20 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. urograndis* (CA), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 1)

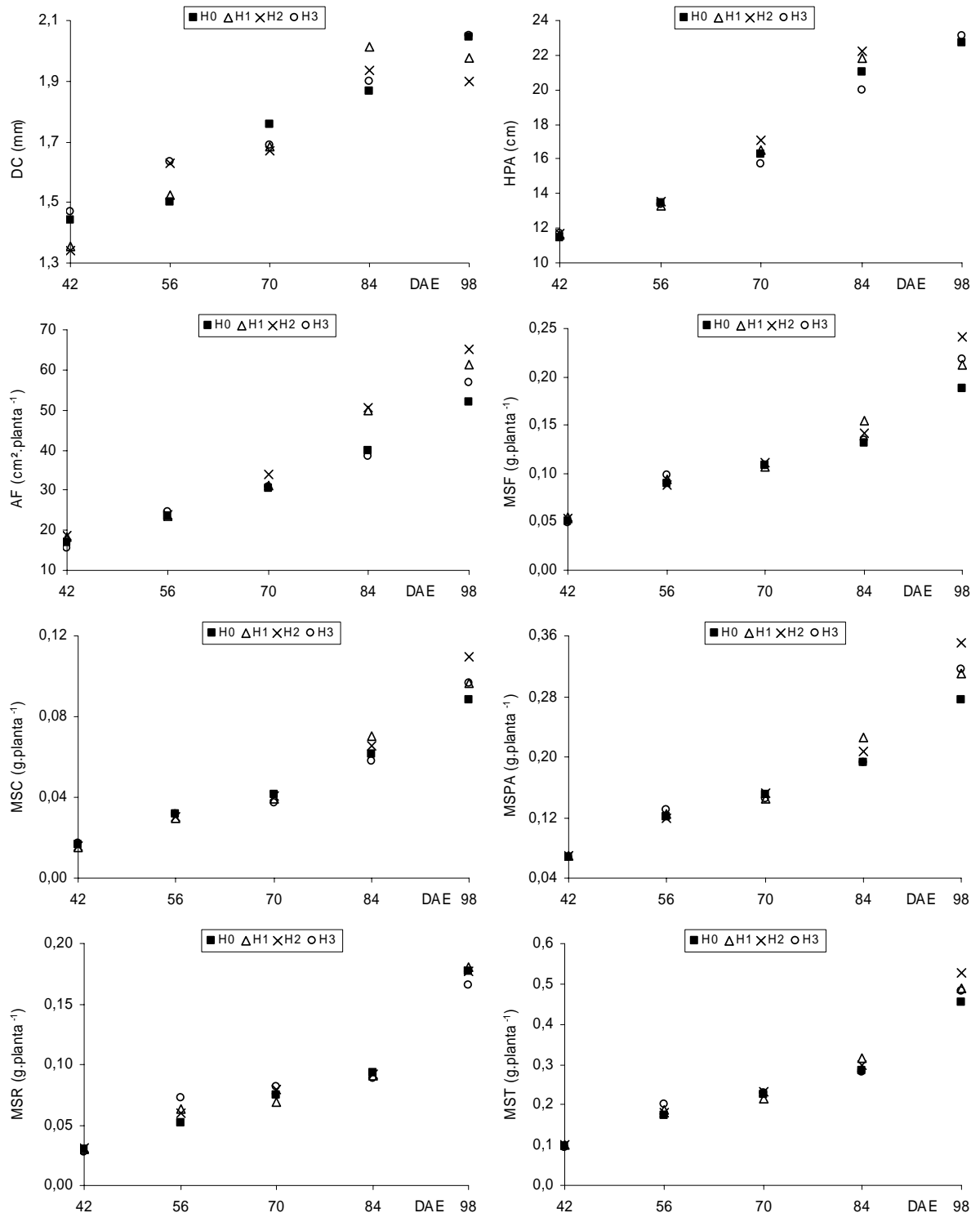


Figura 21 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 1)



#### 4.1.3.1 Diâmetro de caule aos 98 DAE

Tabela 19 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	24	2,46	0,08760
C	1	24	6,18	0,02030
L <sub>T</sub> x C	3	24	0,57	0,06382

Ao analisarmos o nível de significância de 5%, clone foi a única causa de variação significativa (Tabela 19), porém, os demais efeitos estão próximos ao nível fixado.

A Tabela 20 demonstra que o clone B (*E. plathyphylla*) atingiu um diâmetro de aproximadamente 2 mm, enquanto que o clone A (*E. urograndis*) apresentou uma redução de quase 2,6% no crescimento. A lâmina total aplicada sobre o dossel (Tabela 18), equivalente à testemunha (H0), tendeu ao maior crescimento, contudo, os valores de H1 e H2 se encontram bem próximos aos padrões de qualidade expostos por Guerreiro e Colli Júnior (1984). Entretanto, quanto a Alfenas et al. (2004), nenhuma muda atingiu valor superior ou igual a 4 mm. Lopes (2004) considera que para mudas de eucalipto, o diâmetro deva ser maior do que 2,5 mm.

Na Tabela 21, observa-se que somente o nível H3 diferiu de H0. A diferença no diâmetro entre H0 e H2 (cerca de 1 mm) permite recomendar a adoção do manejo H2, reduzindo o consumo hídrico em 28,6%.

Tabela 20 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	1,9531	0,01460	24	133,81	<0,0001
C	CB	2,0044	0,01460	24	137,33	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	1,9328	0,02064	24	93,64	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	1,9917	0,02064	24	96,49	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	1,9828	0,02064	24	96,06	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	2,0078	0,02064	24	97,27	<0,0001

Tabela 21 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	-0,051300	0,02064	24	-2,49	0,0203
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,058850	0,02919	24	-2,02	0,0551
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,050000	0,02919	24	-1,71	0,0996
L <sub>T</sub>	H3		H0	-0,075000	0,02919	24	-2,57	0,0168
L <sub>T</sub>	H2		H1	0,008854	0,02919	24	0,30	0,7643
L <sub>T</sub>	H2		H0	-0,016150	0,02919	24	-0,55	0,5853
L <sub>T</sub>	H1		H0	-0,025000	0,02919	24	-0,86	0,4002

#### 4.1.3.2 Altura aos 98 DAE

Tabela 22 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	10,70	43,98	<0,0001
C	1	5,72	64,05	0,0003
L <sub>T</sub> x C	3	7,83	9,05	0,0063

Todos os efeitos foram significativos (Tabela 22), resultando na necessidade de desmembrar a interação lâmina x clone. Perante a Tabela 23, observamos que somente a interação ocasionada por H2 não foi significativa.

Tabela 23 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para altura, aos 98 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	18,0	20,91	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	18,0	34,41	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3	1	12,9	35,11	0,0044
L <sub>T</sub> x C	H2	1	12,9	66,01	0,0925
L <sub>T</sub> x C	H1	1	12,9	11,91	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0	1	12,9	3,30	<0,0001

Conforme a Tabela 24, a maior altura (26,1 cm) foi obtida no tratamento H2CB e a menor (20,7 cm) no tratamento H3CA. Perante o clone CA, H1 promoveu o maior crescimento em altura (23,6 cm). Todos os valores se encontram dentro dos critérios apresentados por Guerreiro e Colli Júnior (1984) e Alfenas et al. (2004).

Tabela 24 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	20,6625	0,2979	22,3	69,37	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	23,0875	0,2979	22,3	77,51	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	22,7750	0,2979	22,3	76,46	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	26,1000	0,2979	22,3	87,63	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	23,6188	0,2979	22,3	79,30	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	25,0313	0,2979	22,3	84,04	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	21,9375	0,2979	22,3	73,65	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	22,6813	0,2979	22,3	76,15	<0,0001

Conforme a Tabela 25, se compararmos o tratamento H2CB com o H2CA, sob a ação de mesma lâmina mas clones diferentes, verifica-se que talvez o fator limitante do crescimento foi o genótipo, porém, nesse experimento, devemos atentar que a densidade de produção das mudas foi diferenciada. Como o clone CB estava mais adensado, o fato pode ter favorecido o estiolamento do caule das mudas, promovendo o maior crescimento. O clone CA teve a altura reduzida em

torno de 3,3 cm (12,74%) quando comparada ao CB. Ainda com relação ao H2CB, e analisando os tratamentos que envolveram as testemunhas hídricas (H0), foi possível verificar uma redução de 13,10% em H0CB e de 15,95% em H0CA. Esses resultados retratam que para cada 1 mm de água aplicado sobre o dossel, em média, as plantas sob H2CB cresceram cerca de 0,06 cm, enquanto que, sob H0CB e H0CA as plantas cresceram menos de 0,04 cm. A Tabela 25 possibilita-nos verificar as diferenças (ganhos ou perdas) promovidas por cada comparação.

Tendo como base a lâmina diária estimada (Tabela 18), a aplicação de 7,66 mm.dia<sup>-1</sup> (H2) promoveu um crescimento semelhante ao relatado por Lopes (2004), quando aplicado 9 mm.dia<sup>-1</sup> em mudas produzidas no substrato Mix. Cabe ressaltar que a diferença encontrada entre os autores pode ser devido às condições climáticas, vigentes durante os experimentos.

Tabela 25 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	-2,42500	0,4093	12,9	-5,93	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-2,11250	0,3898	18,0	-5,42	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-5,43750	0,4212	22,3	-12,91	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-2,95630	0,3898	18,0	-7,58	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-4,36880	0,4212	22,3	-10,37	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-1,27500	0,3898	18,0	-3,27	0,0042
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-2,01880	0,4212	22,3	-4,79	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	0,31250	0,4212	22,3	0,74	0,4659
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-3,01250	0,3898	18,0	-7,73	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	-0,53130	0,4212	22,3	-1,26	0,2203
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-1,94380	0,3898	18,0	-4,99	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	1,15000	0,4212	22,3	2,73	0,0121
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	0,40620	0,3898	18,0	1,04	0,3111
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	-3,32500	0,4093	12,9	-8,12	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,84380	0,3898	18,0	-2,16	0,0441
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	-2,25630	0,4212	22,3	-5,36	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	0,83750	0,3898	18,0	2,15	0,0455
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,09375	0,4212	22,3	0,22	0,8259
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	2,48130	0,4212	22,3	5,89	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	1,06880	0,3898	18,0	2,74	0,0134
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	4,16250	0,4212	22,3	9,88	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	3,41870	0,3898	18,0	8,77	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	-1,41250	0,4093	12,9	-3,45	0,0044
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	1,68130	0,3898	18,0	4,31	0,0004
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,93750	0,4212	22,3	2,23	0,0365
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	3,09380	0,4212	22,3	7,34	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	2,35000	0,3898	18,0	6,03	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	-0,74380	0,4093	12,9	-1,82	0,0925

#### 4.1.3.3 Área foliar aos 98 DAE

Tabela 26 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	21	7,25	0,0016
C	1	21	13,48	0,0014
L <sub>T</sub> x C	3	21	0,36	0,7811

Os efeitos lâmina e clone foram significativos (Tabela 26).

A Tabela 27 evidencia que o clone de maior área foliar foi o *E. plathyphylla* (CB), com uma diferença de 13%. O nível H2 favoreceu o maior crescimento quando comparado aos demais manejos, principalmente perante o valor apresentado por H0 (testemunha), inferior em quase 20%. Conforme a Tabela 18, no manejo H2, a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ ) foi de 7,62 mm, enquanto que para Lopes (2004), independente do substrato avaliado, a lâmina de 14 mm.dia<sup>-1</sup> possibilitou a maior expansão foliar.

Tabela 27 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	51,0955	1,5188	9,06	32,99	<0,0001
C	CB	58,7256	1,5188	9,06	37,92	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	51,9733	2,1351	19,20	24,34	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	60,2081	2,1351	19,20	28,20	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	58,9494	2,1351	19,20	27,61	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	48,5113	2,1351	19,20	22,72	<0,0001

A Tabela 28 mostra que H2 não diferiu de H1, apesar da tendência de um maior crescimento. Recomenda-se a adoção do manejo H2, pois esse nível utilizou 15,4% a menos de água, em relação a H1. Apesar de lâminas bem distintas, com uma diferença de 38,1% no consumo hídrico, os resultados proporcionados por H0 e H3 não diferiram estatisticamente.

Tabela 28 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	-7,6301	2,0784	21	-3,67	0,0014
L <sub>T</sub>	H3		H2	-8,2348	2,9393	21	-2,80	0,0107
L <sub>T</sub>	H3		H1	-6,9761	2,9393	21	-2,37	0,0272
L <sub>T</sub>	H3		H0	3,4621	2,9393	21	1,18	0,2520
L <sub>T</sub>	H2		H1	1,2588	2,9393	21	0,43	0,6728
L <sub>T</sub>	H2		H0	11,6969	2,9393	21	3,98	0,0007
L <sub>T</sub>	H1		H0	10,4381	2,9393	21	3,55	0,0019

#### 4.1.3.4 Massa seca foliar aos 98 DAE

Tabela 29 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9,51	12,46	0,0012
C	1	4,81	4,54	0,0885
L <sub>T</sub> x C	3	9,08	4,68	0,0307

Quando analisada isoladamente, a causa de variação clone não foi significativa, porém, a interação lâmina x clone, sim (Tabela 29). Apesar do efeito lâmina ser expressivo, consta da Tabela 30 que somente as lâminas H2 e H3 promoveram interações significativas com os clones.

Tabela 30 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	17,2	7,40	0,0021
L <sub>T</sub> x C	CB	3	17,2	11,70	0,0002
L <sub>T</sub> x C	H3	1	11,8	10,42	0,0074
L <sub>T</sub> x C	H2	1	11,8	7,66	0,0173
L <sub>T</sub> x C	H1	1	11,8	0,21	0,6530
L <sub>T</sub> x C	H0	1	11,8	0,16	0,6997

Tabela 31 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,1881	0,007461	19,7	25,21	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,2187	0,007461	19,7	29,32	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,2156	0,007461	19,7	28,90	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,2419	0,007461	19,7	32,42	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,2175	0,007461	19,7	29,15	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,2131	0,007461	19,7	28,57	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,1844	0,007461	19,7	24,71	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,1881	0,007461	19,7	25,21	<0,0001

O maior valor de massa seca foliar foi alcançado no tratamento H2CB (Tabela 31), distante 9,6% (diferença significativa) do segundo melhor valor, proporcionado por H3CB, o qual, de acordo com a Tabela 32 não diferiu de H2CA, H1CA e H1CB. A lâmina H1 foi a que mais contribuiu para o crescimento das mudas do clone CA.

Os valores mais baixos de massa seca foliar foram evidenciados em mudas sob a ação dos tratamentos H0CA, H0CB e H3CA. Os tratamentos H0CB e H3CA resultaram em valor idêntico. No entanto, suas lâminas apresentaram uma diferença de 38% no uso da água. Os manejos hídricos extremos demonstram que o provável excesso e deficiência proporcionados por H0 e H3,

respectivamente, ocasionaram uma queda da produtividade; o fato pode ser visualizado melhor se traçarmos uma função de produção (Figuras 22 e 23), facilitando a verificação dos pontos de máxima e mínima produtividades.

Em média, pode-se constatar que cada mm aplicado pela testemunha (H0) foi responsável pela adição de 0,031 mg.muda<sup>-1</sup> enquanto que, para a lâmina tida como a mais adequada (H2), a adição de fitomassa seca foi correspondente a 0,057 mg.muda<sup>-1</sup> na interação com o clone CB e de 0,051 mg.muda<sup>-1</sup> na interação com o clone CA.

Tabela 32 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	-0,030620	0,009486	11,8	-3,23	0,0074
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,027500	0,009124	17,2	-3,01	0,0077
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,053750	0,010550	19,7	-5,09	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,029380	0,009124	17,2	-3,22	0,0050
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,025000	0,010550	19,7	-2,37	0,0282
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	0,003750	0,009124	17,2	0,41	0,6861
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	6,92E-16	0,010550	19,7	0,00	1,0000
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	0,003125	0,010550	19,7	0,30	0,7702
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,023120	0,009124	17,2	-2,53	0,0212
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	0,001250	0,010550	19,7	0,12	0,9069
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	0,005625	0,009124	17,2	0,62	0,5456
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	0,034370	0,010550	19,7	3,26	0,0040
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	0,030630	0,009124	17,2	3,36	0,0037
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	-0,026250	0,009486	11,8	-2,77	0,0173
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,001880	0,009124	17,2	-0,21	0,8396
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	0,002500	0,010550	19,7	0,24	0,8152
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	0,031250	0,009124	17,2	3,43	0,0032
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,027500	0,010550	19,7	2,61	0,0170
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	0,024370	0,010550	19,7	2,31	0,0318
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	0,028750	0,009124	17,2	3,15	0,0058
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	0,057500	0,010550	19,7	5,45	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	0,053750	0,009124	17,2	5,89	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,004375	0,009486	11,8	0,46	0,6530
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,033130	0,009124	17,2	3,63	0,0020
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,029380	0,010550	19,7	2,78	0,0116
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	0,028750	0,010550	19,7	2,72	0,0132
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,025000	0,009124	17,2	2,74	0,0138
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	-0,003750	0,009486	11,8	-0,40	0,6997

#### 4.1.3.5 Massa seca caulinar aos 98 DAE

Tabela 33 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	10,80	13,34	0,0006
C	1	5,66	15,31	0,0088
L <sub>T</sub> x C	3	7,15	13,36	0,0026

Todos os efeitos foram expressivos (Tabela 33). Porém, conforme apresentado na discussão do item anterior (4.1.3.4), somente as lâminas H2 e H3 promoveram interações significativas ente os clones (Tabela 34).

Tabela 34 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	18,7	13,55	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	18,7	13,15	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3	1	13,9	33,01	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2	1	13,9	23,76	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H1	1	13,9	0,03	0,8643
L <sub>T</sub> x C	H0	1	13,9	0,12	0,7329

Tabela 35 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,07563	0,002744	19,7	27,56	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,09625	0,002744	19,7	35,08	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,09187	0,002744	19,7	33,48	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,10940	0,002744	19,7	39,86	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,09625	0,002744	19,7	35,08	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,09688	0,002744	19,7	35,31	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,08937	0,002744	19,7	32,57	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,08812	0,002744	19,7	32,12	<0,0001

As médias apresentadas pela Tabela 35 nos mostram que, novamente, o tratamento H2CB resultou o maior valor (0,1094 g.planta<sup>-1</sup>), diferindo-se, conforme a Tabela 36, de todos os outros tratamentos possíveis de influência mútua para com ele (H3CA, H3CB, H2CA, H1CA, H1CB, H0CA e H0CB).

Ao compararmos a lâmina do melhor tratamento com a lâmina da testemunha, verificou-se que H2CB foi superior a H0CB em 19,5%. Contudo, ao analisarmos o clone CA, verificamos que nesse caso a lâmina H2 não foi a melhor, uma vez que o tratamento H2CA foi superior 2,7% em relação a H0CA, enquanto que o tratamento H1CA foi superior a H2CA e H0CA em 4,6 % e 7%,

respectivamente (Tabela 35). Portanto, para mudas de *E. urograndis*, a melhor lâmina foi a H1, representando uma economia de 13,22% no recurso hídrico demandado.

Tabela 36 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	-0,020630	0,003590	13,9	-5,75	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,016250	0,003421	18,7	-4,75	0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,033750	0,003880	19,7	-8,70	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,020620	0,003421	18,7	-6,03	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,021250	0,003880	19,7	-5,48	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,013750	0,003421	18,7	-4,02	0,0008
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,012500	0,003880	19,7	-3,22	0,0043
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	0,004375	0,003880	19,7	-1,13	0,2731
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,013120	0,003421	18,7	-3,84	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	1,89E-17	0,003880	19,7	0,00	1,0000
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-0,000630	0,003421	18,7	-0,18	0,8570
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	0,006875	0,003880	19,7	1,77	0,0919
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	0,008125	0,003421	18,7	2,38	0,0284
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	-0,017500	0,003590	13,9	-4,87	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,004380	0,003421	18,7	-1,28	0,2165
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	-0,005000	0,003880	19,7	-1,29	0,2124
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	0,002500	0,003421	18,7	0,73	0,4939
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,003750	0,003880	19,7	0,97	0,3455
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	0,013130	0,003880	19,7	3,38	0,0030
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	0,012500	0,003421	18,7	3,65	0,0017
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	0,020000	0,003880	19,7	5,15	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	0,021250	0,003421	18,7	6,21	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	-0,000630	0,003590	13,9	-0,17	0,8643
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,006875	0,003421	18,7	2,01	0,0591
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,008125	0,003880	19,7	2,09	0,0494
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	0,007500	0,003880	19,7	1,93	0,0677
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,008750	0,003421	18,7	2,56	0,0194
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	0,001250	0,003590	13,9	0,35	0,7329



#### 4.1.3.6 Massa seca da parte aérea aos 98 DAE

Tabela 37 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	10,10	14,35	0,0006
C	1	4,76	9,91	0,0272
L <sub>T</sub> x C	3	8,73	13,24	0,0013

As discussões dos resultados para massa seca da parte aérea são muito parecidos aos decorridos em massa seca caulinar. Todas as causas de variação exerceram efeito sobre o crescimento dos clones (Tabela 37) e os níveis H0 e H1 não promoveram diferenças significativas entre os valores estabelecidos entre os clones, dentro do mesmo manejo hídrico (Tabela 38).

Tabela 38 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	16,3	11,02	0,0003
L <sub>T</sub> x C	CB	3	16,3	17,08	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3	1	11,2	26,25	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H2	1	11,2	19,13	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H1	1	11,2	0,14	0,7147
L <sub>T</sub> x C	H0	1	11,2	0,06	0,8072

Tabela 39 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,2638	0,008685	18,4	30,37	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,3150	0,008685	18,4	36,27	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,3075	0,008685	18,4	35,41	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,3513	0,008685	18,4	40,44	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,3137	0,008685	18,4	36,12	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,3100	0,008685	18,4	35,69	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,2737	0,008685	18,4	31,52	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,2762	0,008685	18,4	31,81	<0,0001

Conforme a Tabela 39, o tratamento resultante do valor mais alto continuou sendo o H2CB. O nível H1, apesar de apresentar um resultado geral inferior ao proporcionado por H2 para o clone CB, foi o melhor manejo hídrico para mudas do clone CA. Porém, a Tabela 40 demonstra, nesse caso (CA), não haver diferença ao nível de 5% de significância entre H1 e H2. Sendo assim, a adoção de H2 resultaria em economia no uso da água, sem perdas significativas na massa seca da parte aérea (cerca de 0,0062 g).

Para ambos os clones, os tratamentos envolvendo a testemunha (H0) foram considerados os menos expressivos quanto ao acúmulo de fitomassa seca da parte aérea, uma vez que o tratamento H0CA não diferiu estatisticamente de H3CA, numericamente o pior resultado. Lopes (2004) observou que o incremento ocorreu conforme se aumentou a lâmina de irrigação. Contudo, nota-se que nas lâminas testadas pelo autor não foi caracterizado o excesso hídrico. Certamente, a adoção de lâminas maiores, a partir do ponto ótimo (máximo produtivo), resultaria em queda na produtividade conforme foi verificado na presente Dissertação (nível H0).

Tabela 40 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	-0,05125	0,01000	11,2	-5,12	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,04375	0,01050	16,3	-4,17	0,0007
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,08750	0,01228	18,4	-7,12	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,05000	0,01050	16,3	-4,76	0,0002
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,04625	0,01228	18,4	-3,77	0,0014
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,01000	0,01050	16,3	-0,95	0,3550
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,01250	0,01228	18,4	-1,02	0,3220
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	0,00750	0,01228	18,4	0,61	0,5489
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,03625	0,01050	16,3	-3,45	0,0032
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	0,00125	0,01228	18,4	0,10	0,9200
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	0,00500	0,01050	16,3	0,48	0,6404
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	0,04125	0,01228	18,4	3,36	0,0034
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	0,03875	0,01050	16,3	3,69	0,0019
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	-0,04375	0,01000	11,2	-4,37	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,00625	0,01050	16,3	-0,60	0,5600
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	-0,00250	0,01228	18,4	-0,20	0,8410
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	0,03375	0,01050	16,3	3,21	0,0053
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,03125	0,01228	18,4	2,54	0,0201
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	0,03750	0,01228	18,4	3,05	0,0067
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	0,04125	0,01050	16,3	3,93	0,0012
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	0,07750	0,01228	18,4	6,31	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	0,07500	0,01050	16,3	7,14	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,00375	0,01000	11,2	0,37	0,7147
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,04000	0,01050	16,3	3,81	0,0015
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,03750	0,01228	18,4	3,05	0,0067
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	0,03625	0,01228	18,4	2,95	0,0084
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,03375	0,01050	16,3	3,21	0,0053
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	-0,00250	0,01000	11,2	-0,25	0,8072

#### 4.1.3.7 Massa seca radicular aos 98 DAE

Tabela 41 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	0,69	0,5782
C	1	3	60,11	0,0045
L <sub>T</sub> x C	3	9	10,48	0,0027

O efeito lâmina não promoveu diferenças estatísticas, porém, a interação lâmina x clone ocasionou variações nos resultados obtidos (Tabela 41). De acordo com a Tabela 42, a interação das 4 lâminas com os 2 clones foi significativa a 5%, assim como a interação entre o clone CA e as lâminas. No entanto, o clone CB não apresentou interação significativa com pelo menos uma das lâminas, o que pode ser confirmado pela interpretação da Tabela 44.

Tabela 42 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	12,40	3,43	0,0507
L <sub>T</sub> x C	CB	3	12,40	1,19	0,3530
L <sub>T</sub> x C	H3	1	8,44	7,27	0,0260
L <sub>T</sub> x C	H2	1	8,44	18,97	0,0021
L <sub>T</sub> x C	H1	1	8,44	65,42	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0	1	8,44	55,74	<0,0001

Tabela 43 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,1494	0,006490	16,8	23,02	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,1656	0,006490	16,8	25,52	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,1513	0,006490	16,8	23,30	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,1775	0,006490	16,8	27,35	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,1312	0,006490	16,8	20,22	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,1800	0,006490	16,8	27,73	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,1319	0,006490	16,8	20,32	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,1769	0,006490	16,8	27,25	<0,0001

Os resultados da Tabela 43 indicam que, para o parâmetro massa seca radicular, o tratamento H1CB gerou o valor mais elevado. Entretanto, os valores apresentados por H2CB, H0CB e H1CB não apresentaram diferença significativa (Tabela 44). O fato indica que a aplicação de qualquer um dos quatro manejos de água gera resultados semelhantes para esse parâmetro, cabendo ao viveirista investigar qual manejo deseja seguir. Como os parâmetros anteriores tiveram a lâmina H2 selecionada, a utilização dessa não acarretaria em prejuízos no crescimento e manteria a economia de água em níveis de 28,6%, quando comparado a H0.

Pode-se verificar que o clone CA apresentou valores inferiores até mesmo ao pior tratamento envolvendo o clone CB (Tabela 43). A melhor lâmina seria H1. Mas, para facilitar a adoção de um só manejo, poderia ser utilizado H2 (melhor manejo para os parâmetros anteriores), uma vez que os resultados não diferiram estatisticamente ao nível de 5% (Tabela 44).

Autores como Lopes (2004) e Silva (2003) verificaram em aumento gradativo no parâmetro massa seca de raízes proporcional à quantidade de água aplicada. Entretanto, na presente Dissertação, os maiores valores foram apresentados nos níveis H2 e H1, para os clones CA e CB, respectivamente. O nível de maior aplicação de água (H0) foi o inferior para CA e apresentou um desempenho semelhantemente ao H2 para CB.

Tabela 44 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>			
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H3	x	CB	-0,016250	0,006027	8,44	-2,70	0,0260
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H2	x	CA	-0,001880	0,008284	12,40	-0,23	0,8246
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H2	x	CB	-0,028120	0,009069	13,70	-3,10	0,0080
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H1	x	CA	0,018130	0,008284	12,40	2,19	0,0484
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H1	x	CB	-0,030620	0,009069	13,70	-3,38	0,0046
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H0	x	CA	0,017500	0,008284	12,40	2,11	0,0555
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CA	H0	x	CB	-0,027500	0,009069	13,70	-3,03	0,0091
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H2	x	CA	0,014370	0,009069	13,70	1,59	0,1357
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H2	x	CB	-0,011880	0,008284	12,40	-1,43	0,1764
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H1	x	CA	0,034370	0,009069	13,70	3,79	0,0020
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H1	x	CB	-0,014370	0,008284	12,40	-1,74	0,1074
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H0	x	CA	0,033750	0,009069	13,70	3,72	0,0023
L <sub>T</sub> x C	H3	x	CB	H0	x	CB	-0,011250	0,008284	12,40	-1,36	0,1986
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CA	H2	x	CB	-0,026250	0,006027	8,44	-4,36	0,0021
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CA	H1	x	CA	0,020000	0,008284	12,40	2,41	0,0320
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CA	H1	x	CB	-0,028750	0,009069	13,70	-3,17	0,0069
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CA	H0	x	CA	0,019380	0,008284	12,40	2,34	0,0368
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CA	H0	x	CB	-0,025620	0,009069	13,70	-2,83	0,0137
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CB	H1	x	CA	0,046250	0,009069	13,70	5,10	0,0002
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CB	H1	x	CB	-0,002500	0,008284	12,40	-0,30	0,7678
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CB	H0	x	CA	0,045630	0,009069	13,70	5,03	0,0002
L <sub>T</sub> x C	H2	x	CB	H0	x	CB	0,000625	0,008284	12,40	0,08	0,9411
L <sub>T</sub> x C	H1	x	CA	H1	x	CB	-0,048750	0,006027	8,44	-8,09	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1	x	CA	H0	x	CA	-0,000620	0,008284	12,40	-0,08	0,9411
L <sub>T</sub> x C	H1	x	CA	H0	x	CB	-0,045620	0,009069	13,70	-5,03	0,0002
L <sub>T</sub> x C	H1	x	CB	H0	x	CA	0,048130	0,009069	13,70	5,31	0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1	x	CB	H0	x	CB	0,003125	0,008284	12,40	0,38	0,7124
L <sub>T</sub> x C	H0	x	CA	H0	x	CB	-0,015000	0,006027	8,44	-7,47	<0,0001

#### 4.1.3.8 Massa seca total aos 98 DAE

Tabela 45 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	5,72	0,0180
C	1	3	61,41	0,0043
L <sub>T</sub> x C	3	9	1,83	0,2112

Somente a interação lâmina x clone não foi significativa ao nível de significância de 5% (Tabela 45). A Tabela 46 evidencia que o clone com maior massa seca total foi o *E. plathyphylla* (CB), com uma diferença de 11,8%, quando comparado ao *E. urograndis*. O nível H2 favoreceu o crescimento quando comparada às demais lâminas, principalmente perante ao valor médio apresentado por H0 (testemunha), inferior em quase 13%. Pode-se observar ainda, que nesse caso, o excesso hídrico (H0) foi mais prejudicial do que a deficiência (H3).

Tabela 46 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	T	Pr > t
C	CA	0,4306	0,007992	4,5	53,88	<0,0001
C	CB	0,4881	0,007992	4,5	61,08	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,4469	0,012290	11,6	36,36	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,4937	0,012290	11,6	40,18	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,4675	0,012290	11,6	38,04	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,4294	0,012290	11,6	34,94	<0,0001

Tabela 47 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	-0,05750	0,007338	3	-7,84	0,0043
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,04688	0,016380	9	-2,86	0,0187
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,02063	0,016380	9	-1,26	0,2397
L <sub>T</sub>	H3		H0	0,01750	0,016380	9	1,07	0,3132
L <sub>T</sub>	H2		H1	0,02625	0,016380	9	1,60	0,1435
L <sub>T</sub>	H2		H0	0,06438	0,016380	9	3,93	0,0035
L <sub>T</sub>	H1		H0	0,03813	0,016380	9	2,33	0,0449

Apesar de H2 apresentar o maior valor de massa seca total, a aplicação de H1 não diferiu estatisticamente ao nível de 5% de significância. O nível H3 (deficiência hídrica) não diferiu de H0 (excesso hídrico) comprovando que a aplicação de água em níveis não adequados afeta o crescimento da cultura.

#### 4.1.3.9 Compêndio

Quando houve interação lâmina *versus* clone, foi possível verificar qual nível hídrico proporcionou o maior crescimento para os diferentes clones.

Para a produção de mudas clonais de *E. urograndis*, pode-se optar pela aplicação da lâmina H1, uma vez que alguns parâmetros como altura, massa seca foliar, caulinar e da parte aérea apresentaram os maiores valores. Entretanto, os demais níveis de água não ocasionaram grandes perdas. A lâmina total aplicada pelo manejo H1 reduz em 13,2% o consumo de água quando comparado à testemunha. Entretanto, é possível aumentar essa economia ao nível de quase 30%, com a aplicação de H2, manejo igualmente tido como propício, uma vez que as variáveis acima citadas não apresentaram diferenças ao nível de 5% de significância entre H1 e H2. A massa seca caulinar obteve o maior incremento sob ação do nível H2, assim como os parâmetros que não precisaram ser desmembrados: diâmetro, área foliar e massa seca total.

De forma semelhante, durante o crescimento de mudas clonais de *E. plathyphylla*, é aconselhável adotar o nível H2, que apresentou a lâmina total de 426,46 mm, com uma lâmina diária estimada em 7,62 mm.dia<sup>-1</sup>.

Devemos nos atentar que esses resultados se referem a algumas particularidades do experimento, tais como densidade de produção, idade das mudas, estação do ano, entre outros aspectos. Conseqüentemente, os resultados obtidos são úteis para nortear o manejo da irrigação em viveiros de mudas clonais de eucalipto.

#### 4.1.4 Função de produção

Os resultados estatísticos discutidos anteriormente nos permitem, dentre as lâminas totais aplicadas, estabelecermos qual o melhor e o pior tratamento durante a fase de crescimento das mudas. Entretanto, a lâmina mais adequada está inserida, muitas vezes, dentro de uma faixa de estudo. Por conseguinte, a utilização de equações de regressão para traçarmos uma função de produção é de grande valia, pois nos permite visualizar a lâmina total correspondente ao ponto de máxima produtividade. Nesse caso, à máxima massa de matéria seca da muda.

As Figuras 22 e 23 elucidam as curvas proporcionadas em função das lâminas totais aplicadas no primeiro experimento (verão de 2003). As curvas na cor cinza indicam que os valores de F não foram significativos.

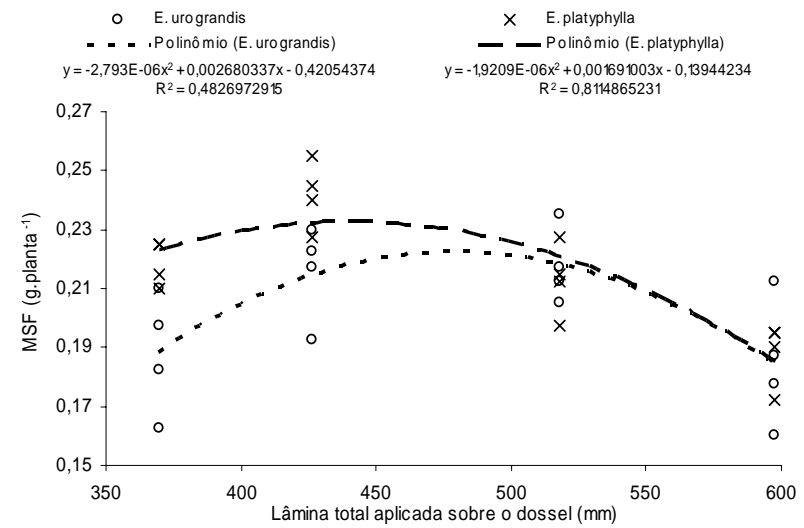
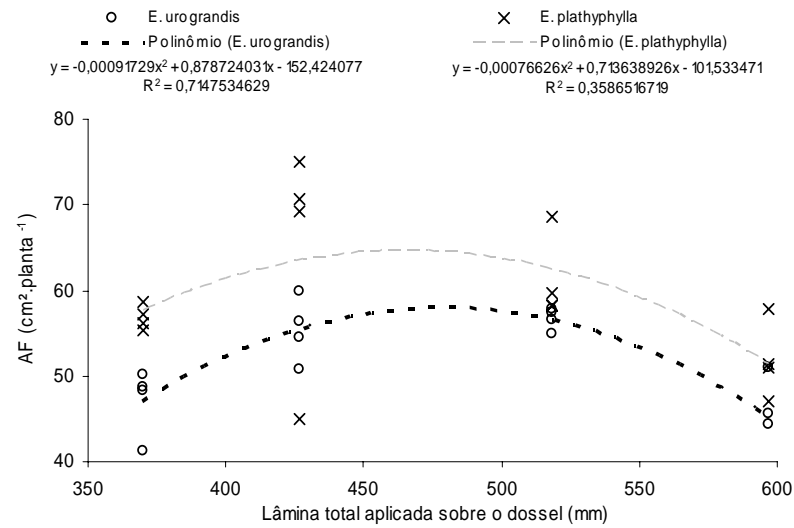
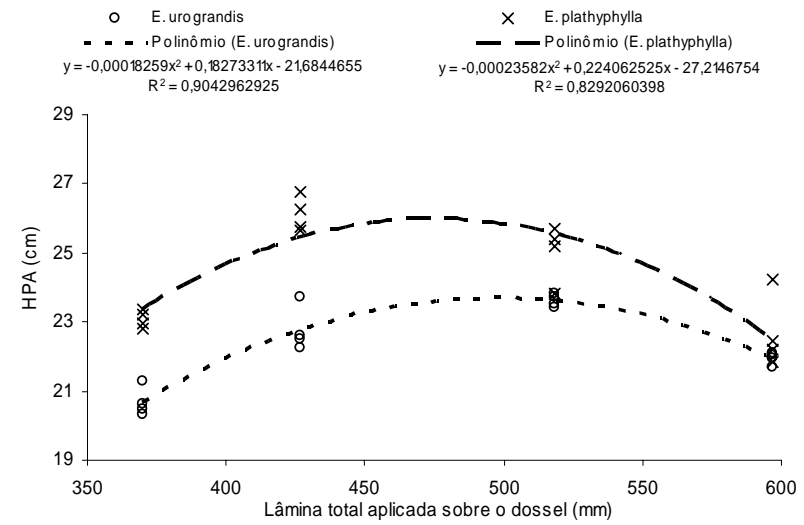
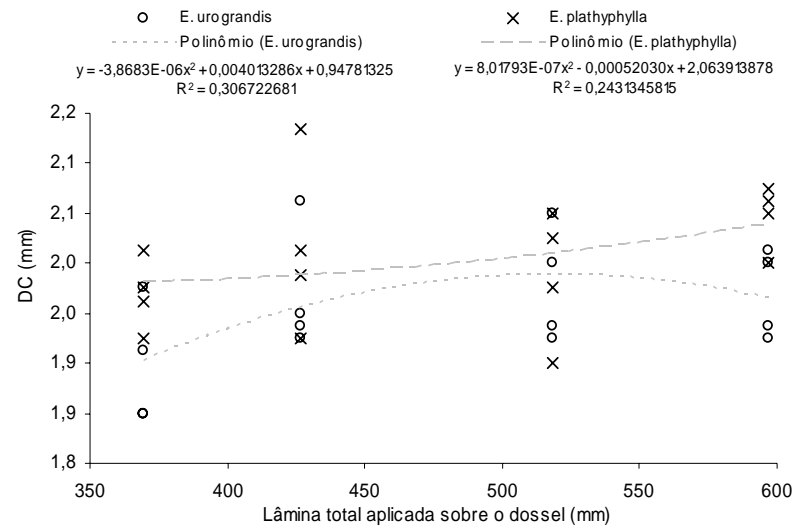


Figura 22 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 1)

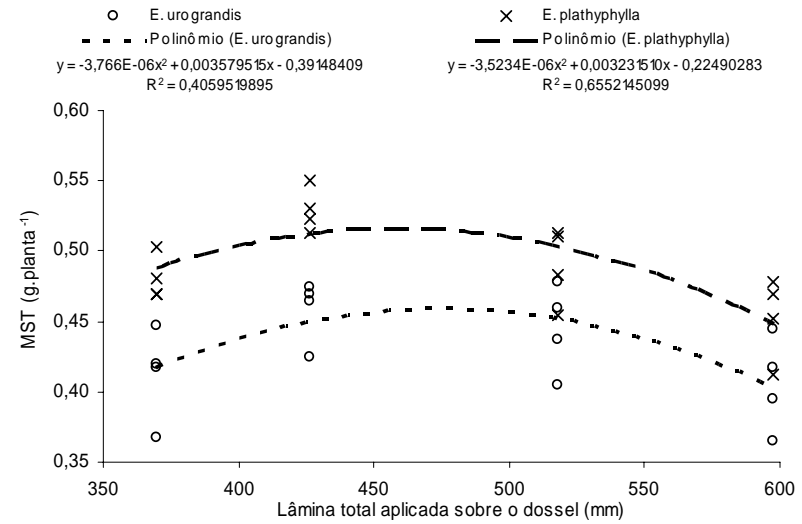
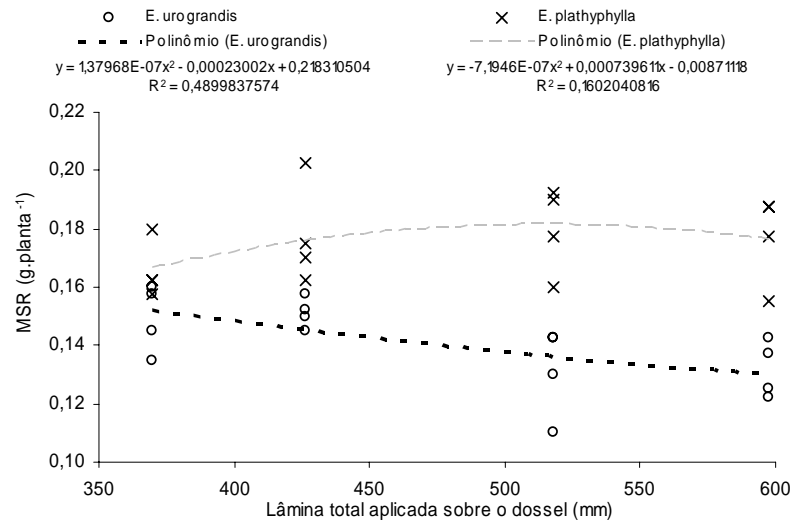
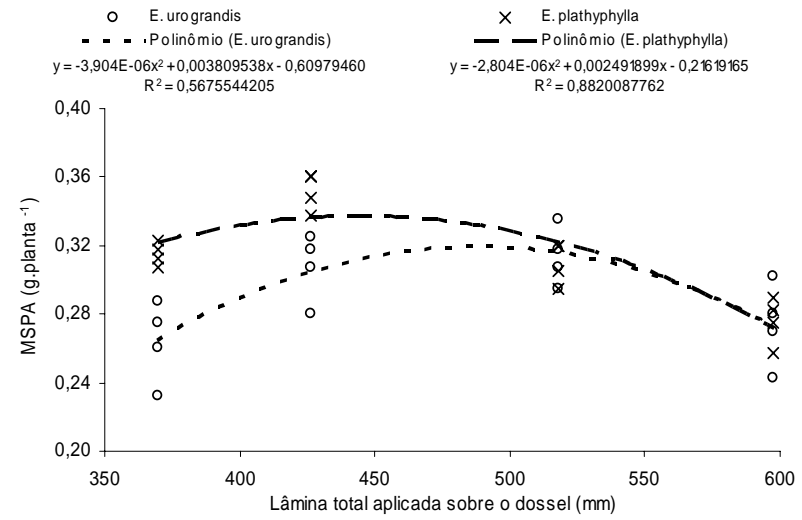
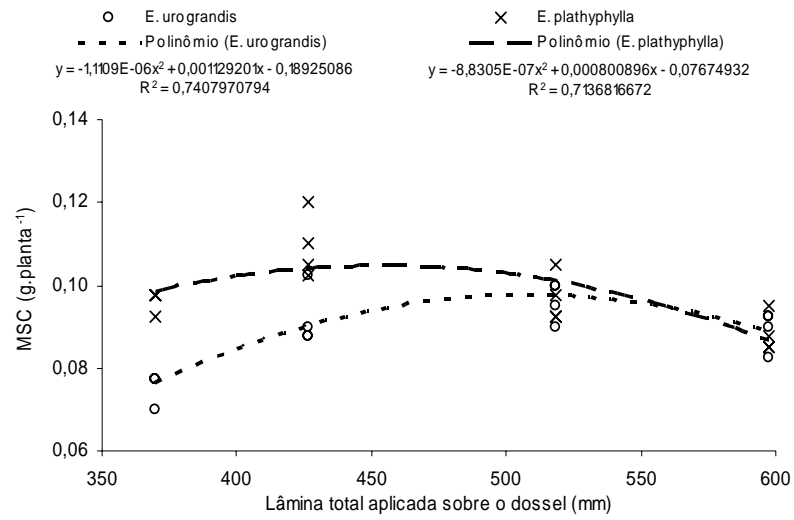


Figura 23 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 1)



Para todos os parâmetros, nesse experimento, o clone *E. urograndis* (CA) tendeu a ser menos eficiente no uso da água do que o clone *E. plathyphylla* (CB). Porém, não podemos alegar que tal afirmação se deve ao genótipo. O fato pode ter sido influenciado pela maior densidade de plantas (mudas de *E. plathyphylla*). Nos outros dois experimentos (inverno de 2003 e verão de 2004), como veremos a seguir, as mudas de *E. urograndis* apresentaram valores superiores às mudas de *E. plathyphylla*, e mesma densidade produtiva.

Os gráficos apresentados nas Figuras 22 e 23 permitem visualizar as curvas, com uma ascensão e um decréscimo no crescimento, indicando que realmente houve deficiência e excesso hídrico, passando por um ponto de máximo produtivo.

Tabela 48 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 22 e 23 (Exp 1)

Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. urograndis</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	518,74	0,3067226810	2,56644 <sup>ns</sup>
Altura (cm)	498,59	0,9042962925	61,31500 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	478,98	0,7147534629	16,28070 *
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	479,83	0,4826972915	6,03622 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	508,22	0,7407970794	17,11810 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	487,91	0,5675544205	8,37757 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	369,69	0,4899837574	4,20767 *
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	475,24	0,4059519895	3,39815 *
Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. plathyphylla</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	597,14	0,2431345815	1,09069 <sup>ns</sup>
Altura (cm)	475,01	0,8292060398	18,56730 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	465,66	0,3586516719	3,36181 <sup>ns</sup>
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	440,15	0,8114865231	16,03050 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	435,49	0,7136816672	7,93483 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	444,35	0,8820087762	19,32520 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	514,01	0,1602040816	1,17608 <sup>ns</sup>
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	458,57	0,6552145099	7,53864 *

Notas: <sup>(1)</sup> \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme a Tabela 48, para cada clone e para cada parâmetro morfológico, há uma lâmina máxima ( $L_{max}$ ) com um valor diferenciado.

No caso de mudas do clone CA (*E. urograndis*),  $L_{max}$  variou entre 369,36 mm (massa seca radicular) e 518,74 mm (diâmetro). O resultado apresentado pelo diâmetro não foi significativo, indicando que o modelo proposto não explica o crescimento do parâmetro adotado. O ponto de

máxima produtividade apresentado pela massa seca radicular indica que o provável *deficit* hídrico proporciona um incremento no sistema radicular, o que pode ser explicado pelo fato de que as plantas tendem a desenvolver mais raízes para tentar retirar toda a água disponível presente no substrato.

A maior parte dos pontos ótimos está localizado entre os níveis de manejo hídrico H1 e H2, sendo mais próximos de H2 (a lâmina média entre H1 e H2 é 472,33 mm). Confirmando os resultados apresentados nas análises estatísticas do item anterior.

Analisando-se os resultados do  $R^2$ , observamos que os pontos alocados nos modelos são explicados entre em 90% (altura) e 40% (massa seca total). Muitas pessoas acham que o valor de 40% seria ruim, porém, o importante é ele ser significativo. O que não ocorreu com o valor de 30% apresentado no diâmetro; se houvesse significância, o valor seria considerado bom.

No caso de mudas do clone CB (*E. plathyphylla*),  $L_{max}$  variou entre 435,49 mm (massa seca caulinar) e 597,14 mm (diâmetro). Novamente o diâmetro não apresentou um modelo que representasse o crescimento. O mesmo ocorreu com a área foliar e com a massa seca radicular. Os resultados significativos apresentam o ponto de máximo produtivo entre os níveis H1 e H2.

## 4.2 Experimento 2: inverno de 2003

### 4.2.1 Parâmetros climáticos

Tabela 49 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{max}$ , °C), média ( $T_{med}$ , °C) e mínima ( $T_{min}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{max}$ , %), média ( $UR_{med}$ , °C) e mínima ( $UR_{min}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, mm.dia<sup>-1</sup>) e de chuva (C, mm.dia<sup>-1</sup>) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 2)

Parâmetro	Intervalo entre avaliações				Período 42 - 98
	42 - 56	56 - 70	70 - 84	84 - 98	
$T_{max}$	24,5	25,7	27,3	29,6	26,8
$T_{med}$	17,4	18,2	19,5	22,0	19,3
$T_{min}$	10,2	10,8	11,6	14,5	11,8
$UR_{max}$	90,4	79,1	84,3	87,2	85,2
$UR_{med}$	61,8	52,6	56,3	56,5	56,8
$UR_{min}$	33,1	26,1	28,4	25,7	28,3
ECA	3,6	3,3	3,3	5,1	3,8
C	1,9	0,3	1,4	0,3	1,0

A Tabela 49 demonstra que as temperaturas foram mais amenas (em torno de 5° para  $T_{max}$  e 10°C para  $T_{min}$ ) quando comparado ao experimento 1 (Tabela 16). A amplitude da umidade

relativa do ar ( $UR_{\max} - UR_{\min}$ ) foi parecida, sendo mais constante nos intervalos. A evaporação do tanque classe A foi mais baixa, assim como os valores de chuva.

Como era de se esperar, nesse experimento 2, o índice pluviométrico (55,0 mm) foi bem inferior ao do experimento 1 (304,6 mm), caracterizando a época de estiagem. Durante o inverno, em localidades com baixa precipitação, a irrigação torna-se ainda mais importante do que no verão (chuvoso), pois é realmente a principal fonte fornecedora de água.

#### 4.2.2 Lâmina de irrigação

Tabela 50 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 2)

Nível de manejo hídrico	$t$ (h)	$q$ ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )	$Se \times Sl$ (m x m)	$L_I$ (mm)
H0	47,33	0,189	5 x 4,6	388,93
H1	35,63	0,178	5 x 4,6	275,75
H2	24,00	0,143	5 x 4,6	149,22
H3	12,37	0,130	5 x 4,6	69,92

A lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) variou entre 388,93 mm e 69,92 mm. O nível de manejo hídrico H3 aplicado via irrigação foi próximo ao aplicado no experimento 1, contudo, no manejo H0 (testemunha) foi superior.

Tabela 51 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia<sup>-1</sup>) (Exp 2)

Nível de Manejo hídrico	$L_I$	$L_C$	$L_T$	% de H0	$L_{DE}$
H0	388,93	55,0	443,93	100,00	7,93
H1	275,75	55,0	330,75	74,51	5,91
H2	149,22	55,0	204,22	46,00	3,65
H3	69,92	55,0	124,92	28,14	2,23

A baixa ocorrência de chuva favoreceu que as lâminas totais mantivessem as características de aplicação inicialmente propostas (Tabela 14), sendo as diferenças apresentadas entre os níveis de manejo hídrico, em torno de 25%. A lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm) variou entre 7,93 e 2,23 mm, nos níveis H0 e H3, respectivamente.

### 4.2.3 Parâmetros morfológicos

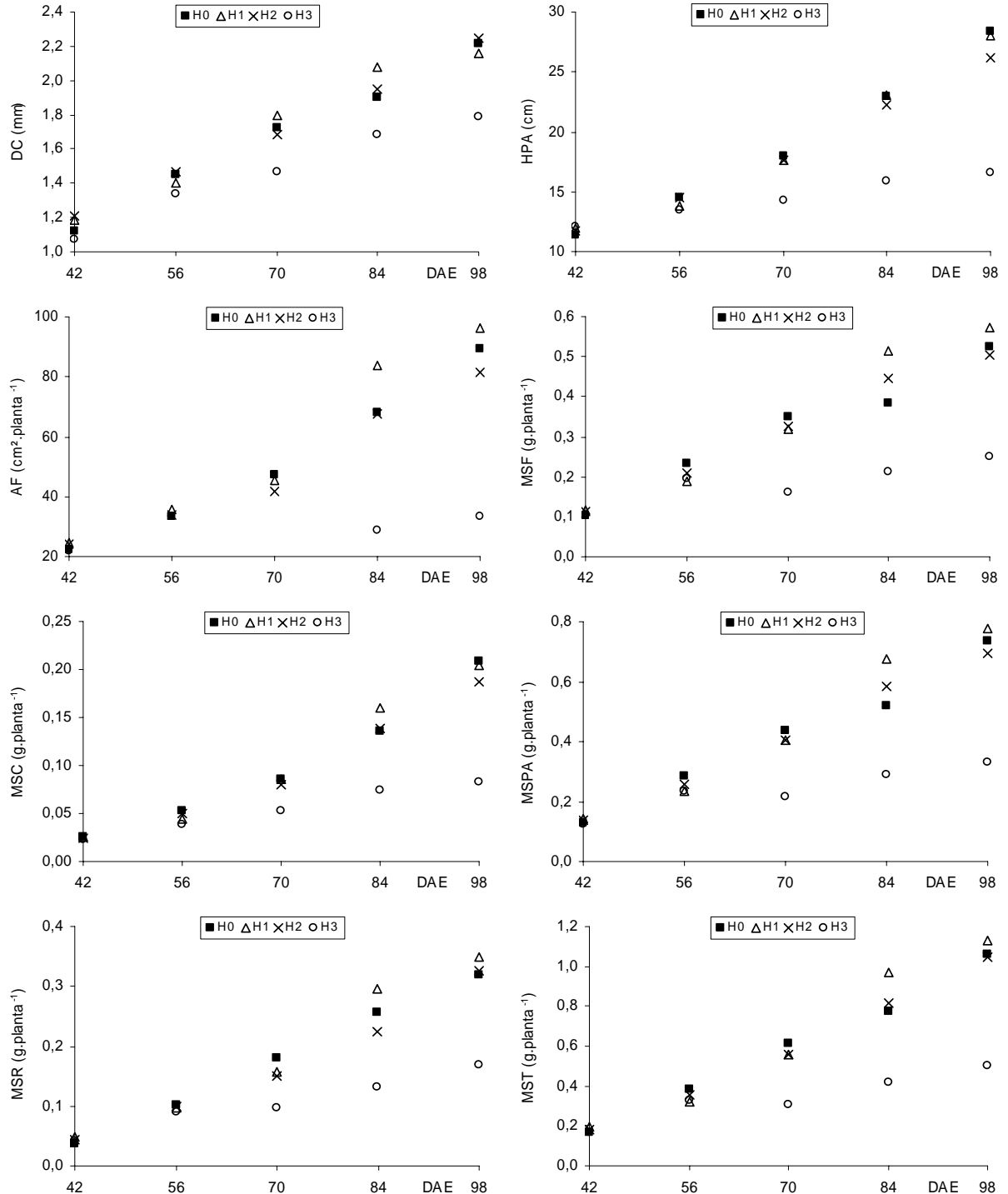


Figura 24 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. urograndis* (CA), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 2)

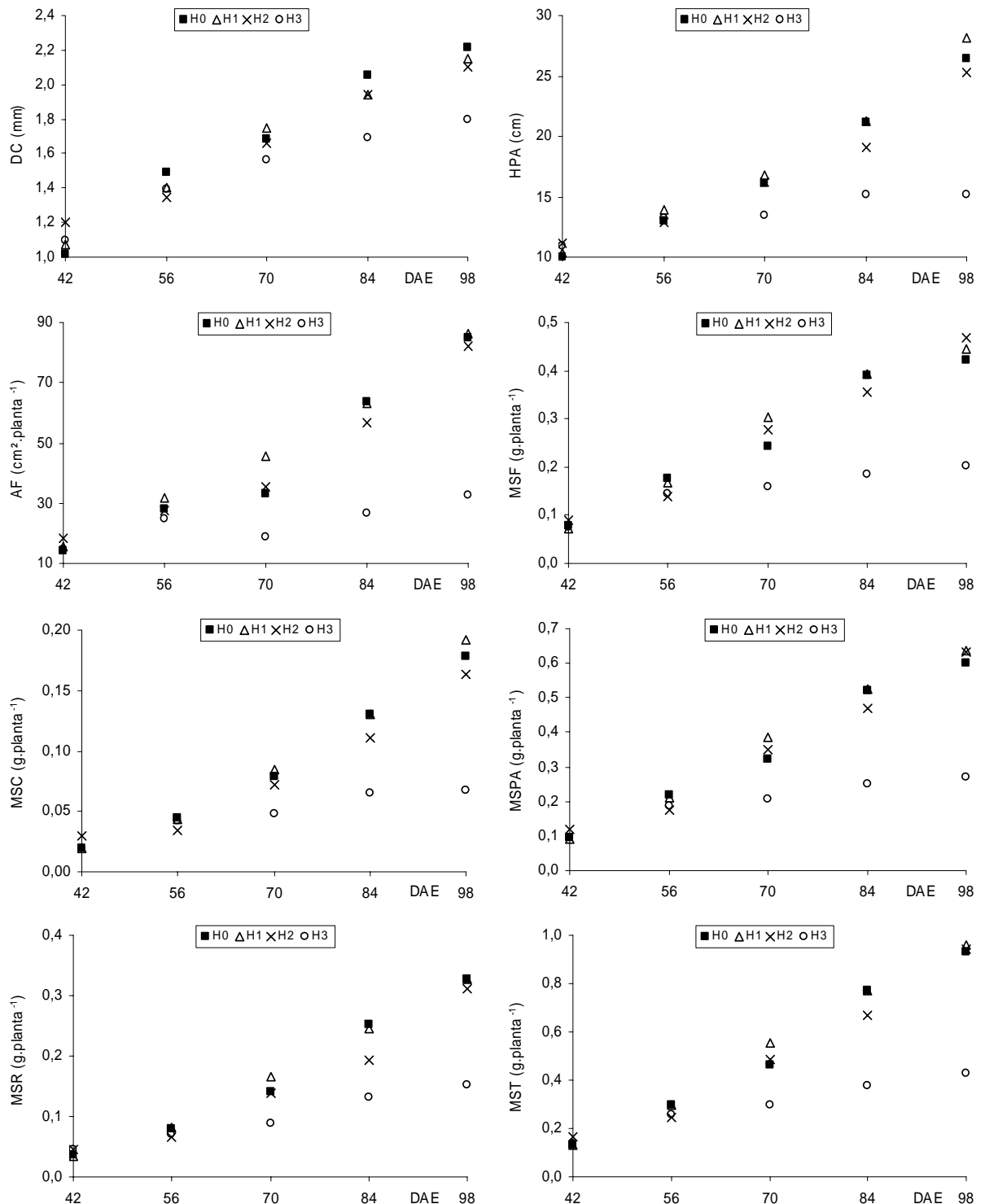


Figura 25 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 42 e 98 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 2)

As Figuras 24 e 25 apresentam os resultados dos parâmetros morfológicos, exibindo a média obtida em cada bloco e para cada avaliação (DAE).

No início da aplicação dos tratamentos de irrigação, os resultados dos parâmetros eram aproximadamente equivalentes (REIS; REIS; MAESTRI, 1988).

Podemos verificar visualmente, para os dois clones (CA e CB), que o desempenho do nível H3 foi inferior aos demais, diferenciando-se em média, na avaliação realizada aos 70 DAE. O fato indica que o manejo H3 deu início a um *deficit* hídrico, não compensado pela chuva, uma vez que durante 14 dias (entre 56 e 70 DAE) foram incididos, em média, somente 0,3 mm.dia<sup>-1</sup> (Tabela 49). A irrigação, apesar de deficitária, foi suficiente para manter as mudas vivas até o final do ciclo de crescimento (98 DAE), seguramente por promover uma provável adaptação no metabolismo das plantas, em relação a mecanismos de resistência à seca.

Aparentemente no inverno, a testemunha (H0) apresentou desempenho semelhante aos níveis de manejo hídrico H1 e H2.

Para a determinação correta do manejo mais eficiente, capaz de promover o maior crescimento dos parâmetros morfológicos, cabe um estudo estatístico, que, conforme os itens a seguir, serão discutidos com os dados obtidos na última avaliação (98 DAE).

Durante o inverno (Experimento 2), observamos que para todos os parâmetros morfológicos avaliados, somente o efeito lâmina apresentou diferença significativa ao nível de 5% de significância (Tabelas 52, 55, 58, 61, 64, 67, 70 e 73).

#### 4.2.3.1 Diâmetro de caule aos 98 DAE

Tabela 52 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	25,27	0,0001
C	1	3	0,21	0,6766
L <sub>T</sub> x C	3	9	1,43	0,2969

Tabela 53 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	2,1094	0,03970	5,70	53,14	<0,0001
C	CB	2,0867	0,03970	5,70	52,57	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	1,8109	0,04549	9,56	39,81	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	2,1813	0,04549	9,56	47,95	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	2,1781	0,04549	9,56	47,88	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	2,2219	0,04549	9,56	48,84	<0,0001

De acordo com a Tabela 53, apesar da tendência do clone CA apresentar um maior diâmetro, a diferença de 1% entre os dois clones não foi significativa, e, ambos estão dentro dos padrões de qualidade (GUERREIRO; COLLI JÚNIOR, 1984 e ALFENAS et al., 2004). Da lâmina total aplicada, o nível H3 foi o único a produzir mudas com diâmetro inferior a 2 mm. Portanto seria necessário um tempo maior de permanência no viveiro para que essas plantas atingissem qualidade para a expedição. O maior diâmetro de caule foi atingido por mudas que estavam sob a lâmina total aplicada por H0 (testemunha), contudo, perante o valor mínimo para plantio, os níveis H1 e H2 poderiam ser adotados, sem grandes perdas no incremento e com economia na utilização da água, uma vez que a Tabela 54 evidencia não haver diferença estatística, ao nível de 5% de significância, entre a testemunha e tais tratamentos, nem mesmo entre eles. Já o nível H3 apresenta distinção para com os demais.

Tabela 54 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
C	CA		CB	0,022660	0,04922	3	0,46	0,6766
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,370300	0,05414	9	-6,48	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,367200	0,05414	9	-6,78	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-0,410900	0,05414	9	-7,59	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	0,003125	0,05414	9	0,06	0,9552
L <sub>T</sub>	H2		H0	-0,040630	0,05414	9	-0,75	0,4722
L <sub>T</sub>	H1		H0	-0,043750	0,05414	9	-0,81	0,4399

#### 4.2.3.2 Altura aos 98 DAE

Tabela 55 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>GL<sub>n</sub></b>	<b>GL<sub>d</sub></b>	<b>F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
L <sub>T</sub>	3	21	136,09	<0,0001
C	1	21	3,02	0,0967
L <sub>T</sub> x C	3	21	0,40	0,7564

Apesar dos clones não serem diferentes ao nível de 5% de significância (Tabela 55), o clone CA tendeu a um maior crescimento (Tabela 56), com a diferença estimada em quase 0,84 cm (Tabela 57).

Perante o padrão exposto por Guerreiro e Colli Júnior (1984), todos os tratamentos produziram mudas de qualidade. Porém, se considerarmos os valores divulgados por Alfenas et al. (2004), a lâmina total aplicada em H3 não foi suficiente para garantir o índice de 20 cm requerido para a altura padrão mínima (Tabela 56), sendo assim, se não morressem por falta d'água, as

mudas necessitariam de um tempo maior de permanência no viveiro, ou até que a mesma fosse elevada ao índice mínimo durante a fase de rustificação.

Tabela 56 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	24,5813	0,04545	5,66	54,09	<0,0001
C	CB	23,7453	0,04545	5,66	54,09	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	15,9094	0,56750	11,80	28,03	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	25,4000	0,56750	11,80	44,76	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	27,8406	0,56750	11,80	19,06	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	27,5031	0,56750	11,80	48,46	<0,0001

O manejo hídrico responsável pelo maior crescimento foi H1, seguido por H0. A lâmina total aplicada em H2 apresentou desempenho intermediário e H3 foi bem inferior (Tabela 56). Reis; Reis e Maestri (1988) citam que as mudas de *E. grandis* mostraram-se mais sensíveis aos estresses hídricos do que as mudas de *E. camaldulensis*, apresentando imediata paralisação no crescimento em altura e posteriormente em diâmetro.

A Tabela 57 elucida que os níveis H1 e H0 foram os únicos que não diferiram estatisticamente entre si. O nível H3, quando comparado a H1, afetou negativamente a altura em quase 12 cm, enquanto que H2, chegou ao final da fase de crescimento com quase 2,5 cm a menos que o apresentado na melhor lâmina (H1). A economia na utilização do recurso hídrico é de 25,5% se utilizarmos H1 ao invés de H0 e pode chegar a 54% se optarmos por H2.

As Figuras 24 e 25 nos permitem visualizar que H2 não representou risco de deficiência hídrica no decorrer do experimento. Porém, é mais sensato recomendar a adoção de H1, com uma lâmina diária estimada cerca de 6 mm.dia<sup>-1</sup>. Deve-se utilizar H2 quando a escassez de água for um perigo eminente, visto que durante o inverno, a chuva, pouco ou nada contribui para o molhamento das mudas e qualquer alteração nas condições climáticas (como aumento da temperatura e, ou diminuição da umidade relativa do ar) podem comprometer o crescimento.

Tabela 57 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	CB	0,8359	0,4807	21	1,74	0,0967
L <sub>T</sub>	H3	H2	-9,4906	0,6798	21	-13,96	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H1	-11,9313	0,6798	21	-17,55	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H0	-11,5938	0,6798	21	-17,05	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	H1	-2,4406	0,6798	21	-3,59	0,0017
L <sub>T</sub>	H2	H0	-2,1031	0,6798	21	-3,09	0,0055
L <sub>T</sub>	H1	H0	0,3375	0,6798	21	0,50	0,6247



### 4.2.3.3 Área foliar aos 98 DAE

Tabela 58 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	18	102,08	<0,0001
C	1	6	0,27	0,6197
L <sub>T</sub> x C	3	18	1,11	0,3692

Novamente o clone CA apresentou uma tendência de promover o maior crescimento nas mudas de eucalipto. A área foliar obteve um maior incremento nas plantas cultivadas em H1, seguida por H0 e H2 (Tabela 59). Nota-se que desses três níveis, a única diferenciação foi apresentada entre H1 e H2. O nível H3 distinguiu-se dos demais (Tabela 60).

O *deficit* hídrico (H3) comprometeu o crescimento da área foliar em quase 65% se comparado à melhor lâmina (H1) (Tabela 59). Até agora, este foi o parâmetro mais afetado pela baixa aplicação de água, e, o fato pode ser muito prejudicial, uma vez que as folhas são responsáveis pela fotossíntese e conseqüentemente pelo acúmulo de matéria orgânica no vegetal (BENINCASA, 2003).

Tabela 59 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	73,7300	2,2354	6,0	32,98	<0,0001
C	CB	72,0766	2,2354	6,0	32,98	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	31,9953	2,8453	23,6	11,25	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	80,8713	2,8453	23,6	28,42	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	91,0831	2,8453	23,6	32,01	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	87,6634	2,8453	23,6	30,81	<0,0001

Tabela 60 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	1,6534	3,1614	6	0,52	0,6197
L <sub>T</sub>	H3		H2	-48,8759	3,8633	18	-12,65	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-59,0878	3,8633	18	-15,29	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-55,6681	3,8633	18	-14,41	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	-10,2119	3,8633	18	-2,64	0,0165
L <sub>T</sub>	H2		H0	-6,7922	3,8633	18	-1,76	0,0957
L <sub>T</sub>	H1		H0	3,4197	3,8633	18	0,89	0,3877

#### 4.2.3.4 Massa seca foliar aos 98 DAE

Tabela 61 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	39,13	<0,0001
C	1	3	5,88	0,0938
L <sub>T</sub> x C	3	9	1,24	0,3498

Tabela 62 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,4498	0,02163	5,16	20,79	<0,0001
C	CB	0,3925	0,02163	5,16	18,14	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,2169	0,02635	9,49	8,23	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,4941	0,02635	9,49	18,75	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,4959	0,02635	9,49	18,82	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,4778	0,02635	9,49	18,13	<0,0001

De acordo com a Tabela 62, o clone CA e o nível de água H1 apresentaram uma tendência ao maior crescimento. O nível H3, foi o menos adequado, certamente em função da baixa área foliar exposta.

Perante a Tabela 63, é possível verificar que os níveis H2 e H0 não foram diferentes de H1, ao nível de 5% de significância. Apesar do incremento parecido, os valores de massa seca foliar em mudas sob ação de H2 e H0 foram 0,4% e 3,65% menor do que H1, respectivamente.

Conforme discutido anteriormente (na altura), a lâmina total aplicada por H2 poderia ser utilizada, ao invés de H1.

Tabela 63 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	0,05734	0,02365	3	2.42	0,0938
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,27720	0,03125	9	-8.87	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,27910	0,03125	9	-8.93	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-0,26090	0,03125	9	-8.35	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	-0,00187	0,03125	9	-0.06	0,9535
L <sub>T</sub>	H2		H0	0,01625	0,03125	9	0.52	0,6156
L <sub>T</sub>	H1		H0	0,01812	0,03125	9	0.58	0,5761

#### 4.2.3.5 Massa seca caulinar aos 98 DAE

Os maiores valores de massa seca caulinar tenderam a ser apresentados pelo clone CA e pelo nível hídrico H1 (Tabela 65).

Tabela 64 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	36,39	<0,0001
C	1	3	3,56	0,1557
L <sub>T</sub> x C	3	9	0,23	0,8756

Tabela 65 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,16890	0,008266	4,17	20,44	<0,0001
C	CB	0,15610	0,008266	4,17	18,88	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,07625	0,011270	9,94	6,77	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,17720	0,011270	9,94	15,72	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,20060	0,011270	9,94	17,8	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,19590	0,011270	9,94	17,38	<0,0001

Os níveis H0, H1 e H2 não foram diferentes ao nível de 5% de significância. Entretanto, em relação à testemunha (H0), o consumo de água foi 25,5% menor em H1 e 54% menor em H2.

O nível H3 foi diferente dos demais. Em relação a H1 (lâmina total mais apropriada), a economia na água demandada e a queda na produtividade da massa seca caulinar foram da ordem de 62%, ou seja, houve percentualmente uma diminuição na produção de raiz na mesma razão que na aplicação de água. Alvarenga et al. (1994) citam que o crescimento das plantas foi maior à medida que se aumentou a água disponível no solo, com diferenças superiores a 65%.

Tabela 66 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	CB	0,012810	0,006792	3	1,89	0,1557
L <sub>T</sub>	H3	H2	-0,100900	0,013690	9	-7,37	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H1	-0,124400	0,013690	9	-9,09	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H0	-0,119700	0,013690	9	-8,74	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	H1	-0,023440	0,013690	9	-1,71	0,1210
L <sub>T</sub>	H2	H0	-0,018750	0,013690	9	-1,37	0,2039
L <sub>T</sub>	H1	H0	0,004688	0,013690	9	0,34	0,7398

#### 4.2.3.6 Massa seca da parte aérea aos 98 DAE

Tabela 67 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	40,23	<0,0001
C	1	3	5,31	0,1045
L <sub>T</sub> x C	3	9	0,67	0,5905

Tabela 68 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,6188	0,02955	4,92	20,94	<0,0001
C	CB	0,5486	0,02955	4,92	18,57	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,2931	0,03665	9,40	8,00	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,6713	0,03665	9,40	18,31	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,6966	0,03665	9,40	19,00	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,6738	0,03665	9,40	18,38	<0,0001

Houve uma tendência do clone CA (*E. urograndis*) apresentar um maior crescimento em relação ao clone CB (*E. plathyphylla*). A diferença do valor da massa seca da parte aérea, entre ambos, foi estimada em 0,07 g.muda<sup>-1</sup> (Tabela 69), ou seja, 11,4% (Tabela 68), porém, não foi significativa ao nível de 5% (Tabela 67).

Das lâminas totais aplicadas sobre o dossel, o nível H1 proferiu o maior crescimento, sendo que os níveis H0 e H2 proporcionaram valores semelhantes. O nível menos adequado foi o H3, resultando em queda na produtividade da ordem de 58% em relação a H1.

Tabela 69 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	0,07016	0,03043	3	2,31	0,1045
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,37810	0,04326	9	-8,74	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,40340	0,04326	9	-9,33	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-0,38060	0,04326	9	-8,80	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	-0,02531	0,04326	9	-0,59	0,5729
L <sub>T</sub>	H2		H0	-0,00250	0,04326	9	-0,06	0,9552
L <sub>T</sub>	H1		H0	0,02281	0,04326	9	0,53	0,6107

#### 4.2.3.7 Massa seca radicular aos 98 DAE

Tabela 70 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	30,53	<0,0001
C	1	3	0,30	0,6210
L <sub>T</sub> x C	3	9	0,83	0,5096

O clone CA foi quase 3,6% maior que o clone CB, porém, a diferença não foi significativa e apenas representou uma tendência. Perante a Tabela 71, dos níveis de água aplicados, H1 foi o qual apresentou o maior crescimento (0,34 g.planta<sup>-1</sup>), seguido por H0 (0,3341 g.planta<sup>-1</sup>), por H2 (0,3209g.planta<sup>-1</sup>) e por fim, H3 (0,16 g.planta<sup>-1</sup>). Com a visualização da Tabela 72, verifica-se que os três primeiros níveis não se diferenciaram a 5% de significância e que o nível H3 se diferiu dos demais.

Tabela 71 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,2938	0,01657	5,38	17,73	<0,0001
C	CB	0,2833	0,01657	5,38	17,09	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,1600	0,01912	8,95	8,37	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,3209	0,01912	8,95	16,79	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,3391	0,01912	8,95	17,73	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,3341	0,01912	8,95	17,47	<0,0001

Tabela 72 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	CB	0,01047	0,01906	3	0,55	0,6210
L <sub>T</sub>	H3	H2	-0,16090	0,02201	9	-7,31	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H1	-0,17910	0,02201	9	-8,13	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H0	-0,17410	0,02201	9	-7,91	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	H1	-0,01812	0,02201	9	-0,82	0,4316
L <sub>T</sub>	H2	H0	-0,01313	0,02201	9	-0,60	0,5657
L <sub>T</sub>	H1	H0	0,00500	0,02201	9	0,23	0,8254

#### 4.2.3.8 Massa seca total aos 98 DAE

Tabela 73 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	39,65	<0,0001
C	1	3	3,08	0,1776
L <sub>T</sub> x C	3	9	0,44	0,7275

Tabela 74 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,9125	0,04482	4,9	20,36	<0,0001
C	CB	0,8319	0,04482	4,9	18,56	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,4531	0,05444	9,0	8,32	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,9922	0,05444	9,0	18,23	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	1,0356	0,05444	9,0	19,02	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	1,0078	0,05444	9,0	18,51	<0,0001

Como para todos os parâmetros discutidos no experimento 2 (inverno), a clone CA tendeu a apresentar maior crescimento do que o clone CB, nesse caso, a massa seca total (Tabela 74). Da mesma forma, o manejo H1 foi responsável pelo maior incremento, seguido por H0 e por H2, sendo que esses três níveis não diferiram entre si, porém, o nível H3 diferiu dos demais, proporcionando o pior crescimento (Tabelas 74 e 75).

Tabela 75 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 98 DAE

Efeito	Trat	x Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	CB	0,08063	0,04595	3	1,75	0,1776
L <sub>T</sub>	H3	H2	-0,53910	0,06288	9	-8,57	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H1	-0,58250	0,06288	9	-9,26	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H0	-0,55470	0,06288	9	-8,82	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	H1	-0,04344	0,06288	9	-0,69	0,5071
L <sub>T</sub>	H2	H0	-0,01562	0,06288	9	-0,25	0,8093
L <sub>T</sub>	H1	H0	0,02781	0,06288	9	0,44	0,6687

#### 4.2.3.9 Compêndio

Em nenhum dos parâmetros o efeito clone foi significativo ao nível de 5% de significância. Entretanto, em todos os casos, o clone CA (*E. urograndis*) apresentou uma tendência de ser maior do que o clone CB (*E. plathyphylla*).

Os maiores índices (valores) foram ocasionados pela aplicação da lâmina total H1, porém, estatisticamente, os níveis H0 (testemunha) e H2 apresentaram resultados semelhantes. A utilização de H0 representou desperdício do recurso natural em 25,5%. A adoção de H2 permite diminuir o uso da água em 54%, em relação a H0. Contudo, o nível H2 deve ser adotado quando houver perigo eminente de escassez de água na fonte abastecedora do sistema de irrigação.

No inverno, durante a fase de crescimento, recomendamos a adoção do nível H1, sendo a lâmina total aplicada sobre o dossel com valores próximos a 330,77 mm e a lâmina diária estimada de 6 mm.dia<sup>-1</sup>.

O nível H3 apresentou sempre o pior crescimento e se diferenciou dos demais níveis de aplicação de água. Segundo Façanha et al. (1983), as deficiências hídricas cíclicas (moderadas e severas) provocaram reduções na altura do caule, no diâmetro do coleto e na produção de matéria seca (folha e caule), sendo que a espécie mais influenciada foi *E. camaldulensis*. Pereira<sup>13</sup> (1979 apud FAÇANHA et al., 1983) cita que os *deficits* hídricos podem afetar o crescimento cambial diretamente, reduzindo a expansão foliar e a formação da parede celular e, indiretamente, reduzindo a disponibilidade de carboidratos ou influenciando a produção de reguladores de crescimento.

<sup>13</sup> PEREIRA, J.S. Relações hídricas das árvores. Agron. Luzit. v. 39, p. 155-173, 1979.

#### 4.2.4 Função de produção

Conforme elucidado nas Figuras 26 e 27, apesar dos valores próximos, as curvas demonstram que o clone CA (*E. urograndis*) foi mais eficiente no uso da água (com a mesma quantidade de água aplicada, os resultados dos parâmetros morfológicos foram maiores), quando comparado ao clone CB (*E. plathyphylla*). Nesse experimento, a densidade de produção das mudas foi a mesma (280 mudas.m<sup>-2</sup>).

No experimento 2 (inverno de 2003), todos os modelos (equações) apresentaram o valor de F significativo, ou seja, os dados estão bem representados na regressão (Tabela 76). Com as funções de produção procuramos relacionar a lâmina aplicada com o rendimento das culturas.

Tabela 76 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 26 e 27 (Exp 2)

Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. urograndis</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	334,51	0,7658862876	9,76291 *
Altura (cm)	359,68	0,9705932927	72,72490 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	340,09	0,9274414414	63,33540 *
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	328,49	0,8299176060	21,66360 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	344,77	0,9010832875	33,22560 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	332,64	0,8564667930	25,03110 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	329,69	0,8127339693	16,42390 *
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	331,78	0,8589547496	23,83250 *
Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. plathyphylla</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	388,55	0,7031152595	11,48540 *
Altura (cm)	344,26	0,9010478076	41,04680 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	350,29	0,9171834399	28,64870 *
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	338,47	0,8093830205	10,94670 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	352,95	0,7699208767	18,64200 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	342,76	0,7992477327	13,58800 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	359,75	0,7318461579	13,95470 *
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	347,84	0,7803701184	14,11250 *

Notas: <sup>(1)</sup> \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o clone CA (*E. urograndis*), as lâminas totais aplicadas ( $L_{max}$ ) para fornecer os pontos de máxima produtividade variaram entre 328,49 mm (massa seca foliar) e 359,69 mm (altura). Comparativamente aos níveis de manejo hídrico praticados, as lâminas responsáveis pelos pontos de ótimo produtivo, estão localizadas entre H2 (204,22 mm) e H0 (443, 96 mm), porém bem próximas a H1 (330,77 mm).

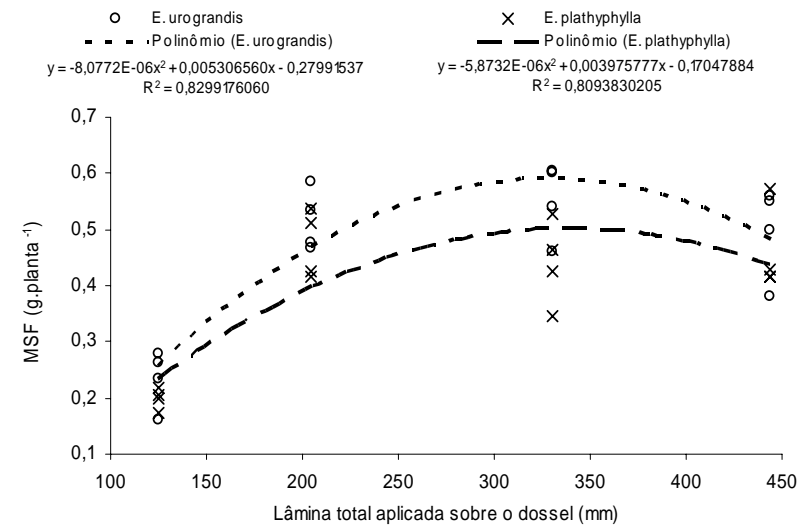
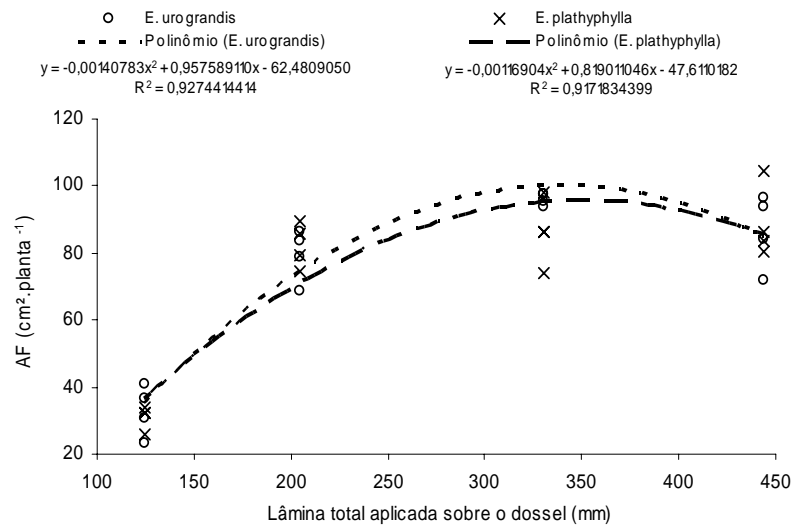
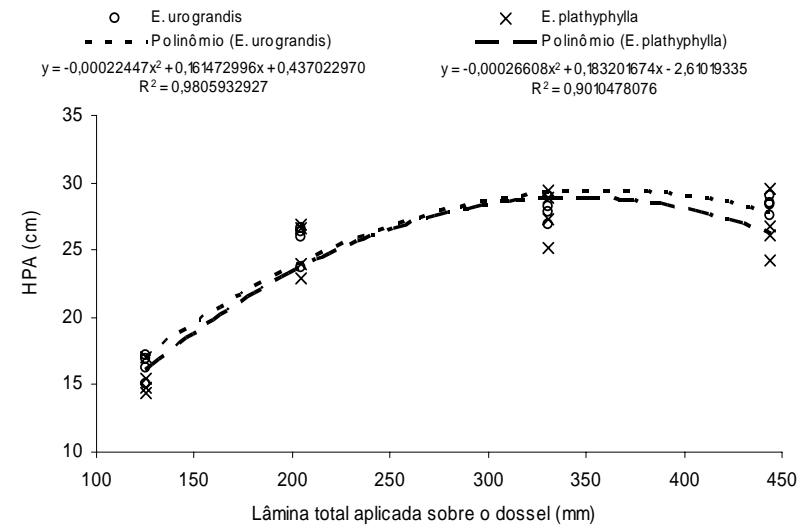
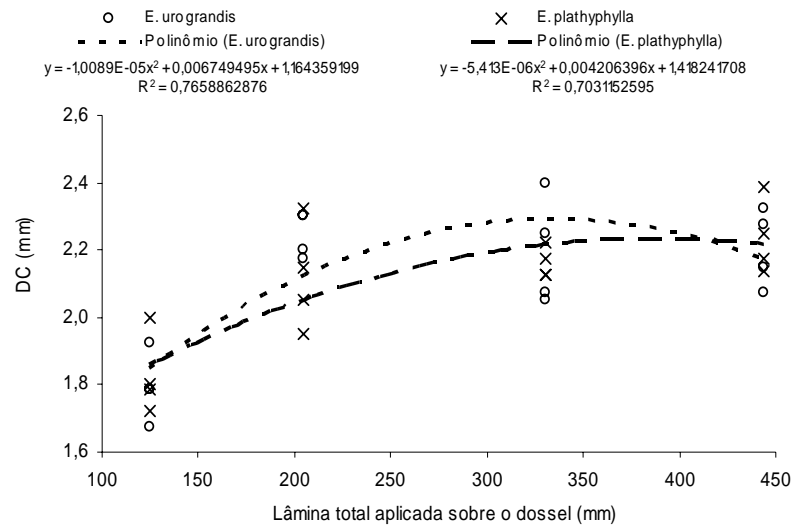


Figura 26 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 2)



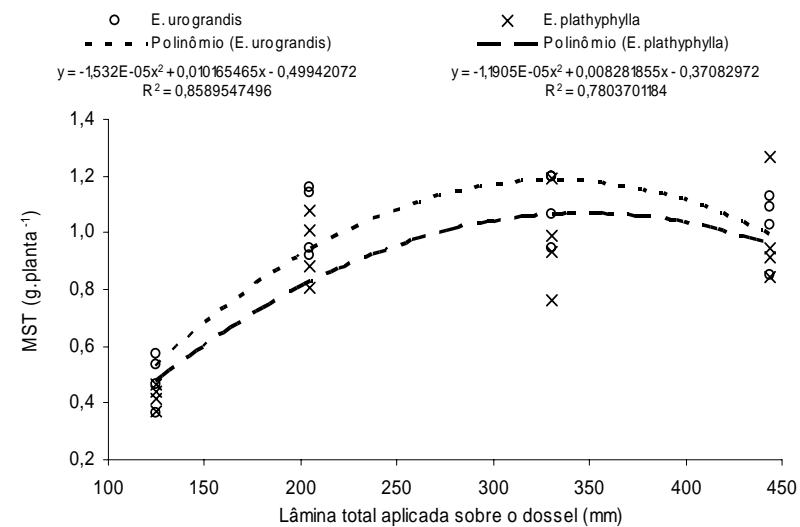
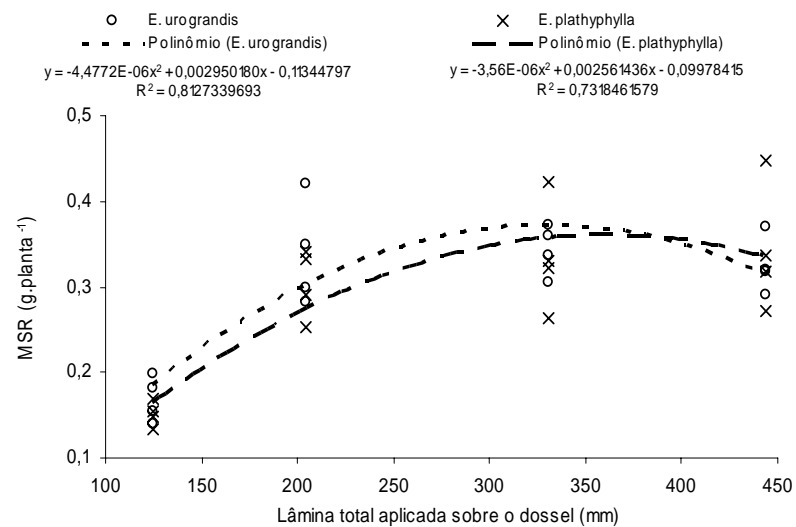
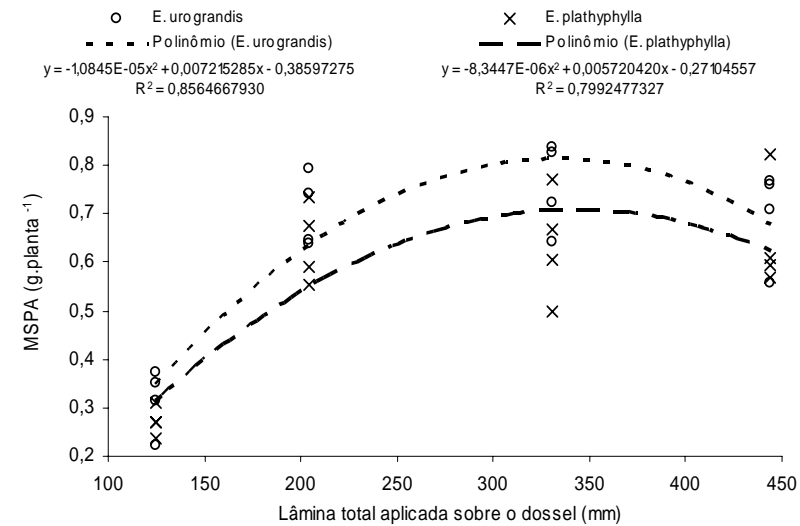
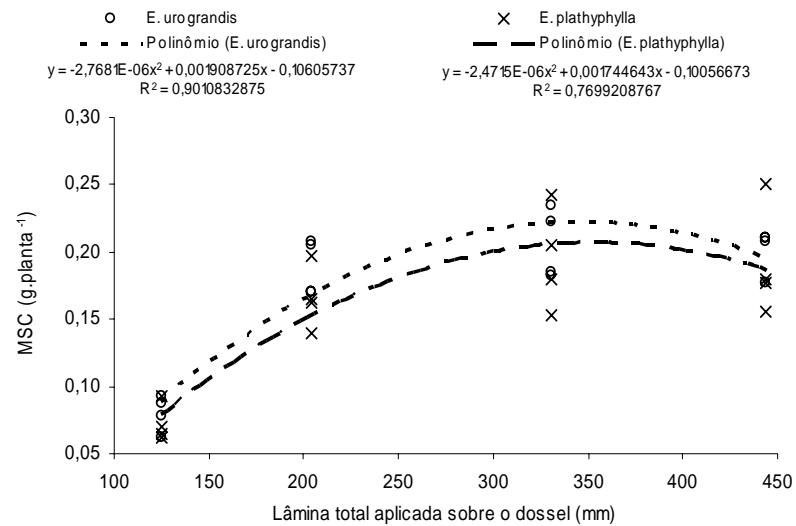


Figura 27 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caular (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 98 DAE (Exp 2)

Para o clone CB (*E. plathyphylla*), os pontos de máxima produtividade foram obtidos entre as lâminas ( $L_{max}$ ) 338,47 mm (massa seca foliar) e 388,55 mm (diâmetro). Os pontos de ótimo produtivo estão entre os níveis H1 e H0, sendo mais próximos a H1.

Os valores de  $R^2$ , para ambos os clones, além de significativos, apresentam índices altos, superior a 70%, sendo que o pior parâmetro foi o diâmetro.

Analisando-se as duas pesquisas até o presente momento discutidas, verifica-se que o diâmetro é o parâmetro mais problemático com relação à regressão. Supõe-se que seja por causa da estaquia, pois o tamanho da estaca (altura) e o número de folhas deixado na haste são mais fáceis de controlar do que o diâmetro, que será proporcional à idade e grau de rusticidade, apresentados pela estaca.

### 4.3 Experimento 3: verão de 2004

#### 4.3.1 Parâmetros climáticos

Tabela 77 – Valores médios de temperatura do ar máxima ( $T_{max}$ , °C), média ( $T_{med}$ , °C) e mínima ( $T_{min}$ , °C), de umidade relativa do ar máxima ( $UR_{max}$ , %), média ( $UR_{med}$ , °C) e mínima ( $UR_{min}$ , %), de evaporação do tanque classe A (ECA, mm.dia<sup>-1</sup>) e de chuva (C, mm.dia<sup>-1</sup>) observados durante o intervalo entre avaliações (Exp 3)

Parâmetro	Intervalo entre avaliações (DAE)				Período 46 - 102
	46 - 60	60 - 74	74 - 88	88 - 102	
$T_{max}$	29,4	29,5	29,8	28,6	29,3
$T_{med}$	23,9	23,6	24,2	22,0	23,4
$T_{min}$	18,4	17,8	18,5	15,4	17,6
$UR_{max}$	84,9	84,6	76,8	80,3	81,7
$UR_{med}$	61,2	61,6	56,5	56,2	58,9
$UR_{min}$	37,4	38,6	36,2	32,1	36,1
ECA	4,6	3,9	4,1	4,0	4,2
C	0,6	8,7	3,3	4,2	4,2

De acordo com a Tabela 77, em média, as temperaturas máxima e mínima foram de 29,3°C e 17,6°C, respectivamente, sendo os valores bem equilibrados entre as avaliações. A umidade relativa do ar média foi em torno de 60%. Os valores médios de evaporação do tanque classe A e chuva foram equivalentes (4,2 mm.dia<sup>-1</sup>). O maior índice pluvial ocorreu entre os 60 e 74 DAE, responsável pela baixa evaporação do período, se comparada aos demais intervalos.

### 4.3.2 Lâmina de irrigação

Tabela 78 – Dados operacionais do sistema de irrigação para a quantificação da lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm) (Exp 3)

Nível de manejo hídrico	$t$ (h)	$q$ ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )	$Se \times Sl$ (m x m)	$L_I$ (mm)
H0	49,03	0,189	5 x 4,6	402,90
H1	36,78	0,178	5 x 4,6	284,65
H2	24,53	0,143	5 x 4,6	152,51
H3	12,27	0,130	5 x 4,6	69,35

As Tabelas 78 e 79 exibem os dados do sistema de irrigação e os valores do manejo hídrico praticados. A lâmina irrigada ( $L_I$ ) variou entre 402,90 e 69,35 mm, para os níveis H0 e H3, respectivamente. Esses valores, acrescidos da chuva ( $L_C$ ) ocorrida no período (235,8 mm), elevaram a lâmina total ( $L_T$ ) para 638,70 mm no nível H0 e 305,15 no nível H3. A diferença percentual entre a lâmina total aplicada de maior e menor volume foi de 50%.

Tabela 79 – Lâmina aplicada via irrigação ( $L_I$ , mm), chuva ( $L_C$ , mm) e total ( $L_T$ , mm), e a lâmina diária estimada ( $L_{DE}$ , mm.dia<sup>-1</sup>) (Exp 3)

Nível de manejo hídrico	$L_I$	$L_C$	$L_T$	% de H0	$L_{DE}$
H0	402,90	235,8	638,70	100,00	11,41
H1	284,65	235,8	520,45	81,49	9,29
H2	152,51	235,8	388,31	60,80	6,93
H3	69,35	235,8	305,15	47,78	5,45

### 4.3.3 Parâmetros morfológicos

Como nos experimentos anteriores (Exp 1 e 2), foram necessárias algumas semanas de aplicação dos tratamentos hídricos para que se evidenciassem as diferenças de crescimento dos parâmetros morfológicos (Figuras 28 e 29). Em média, aos 60 DAE inicia-se uma diferenciação dos valores. Porém é a partir dos 74 DAE que essa diferenciação se torna mais acentuada. De maneira geral, podemos visualizar que o nível H3 foi responsável, novamente, pelo pior crescimento ao final do ciclo. A testemunha (H0), promoveu um bom desempenho, contudo, próximo ao apresentado por H1 e em alguns casos por H2 também. O nível H2 foi aparentemente de qualidade intermediária.

Visando estabelecer o nível hídrico mais adequado para garantir o maior crescimento das mudas clonais de eucalipto, foram realizados e discutidos testes estatísticos com enfoque na última avaliação (102 DAE).

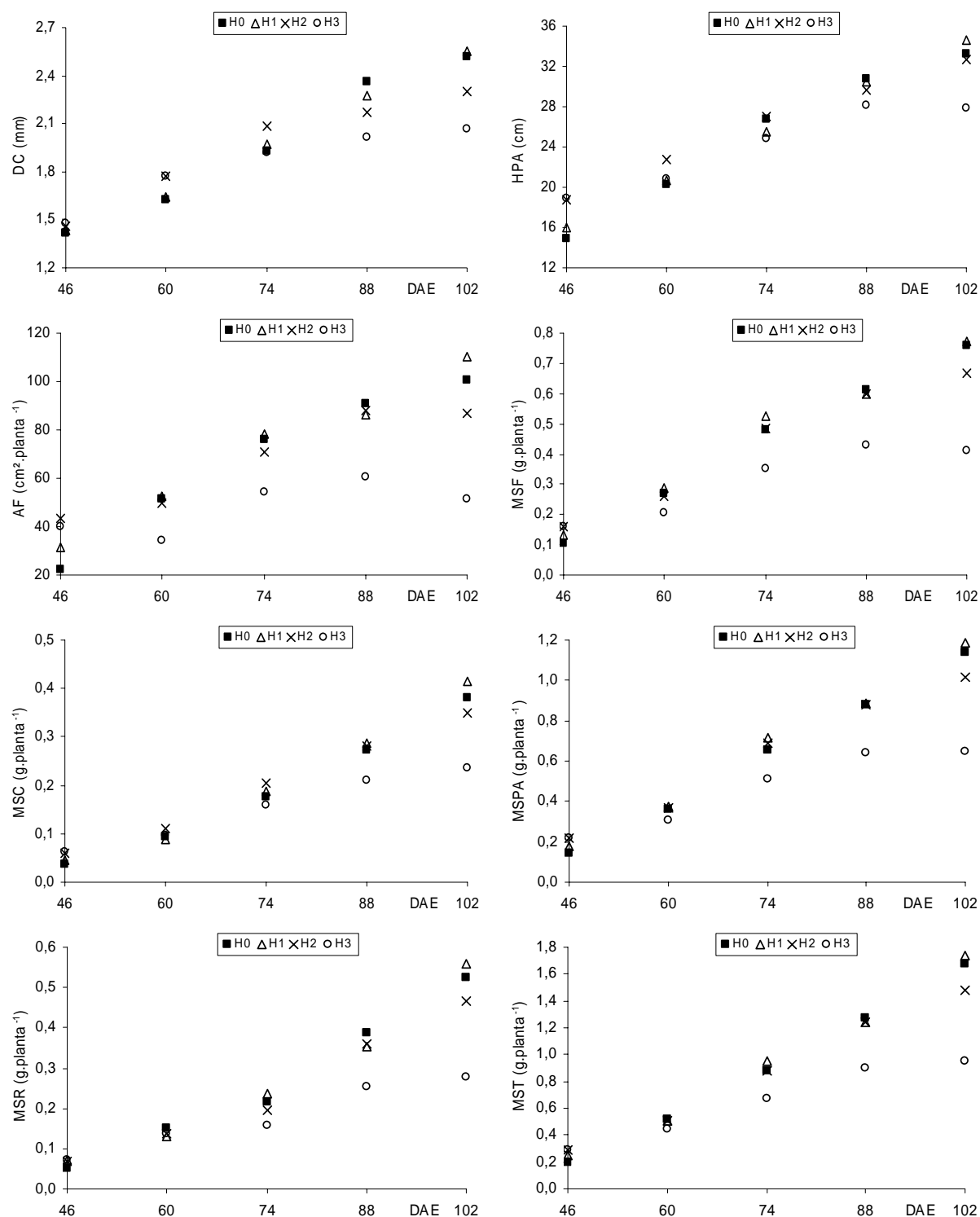


Figura 28 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. urograndis* (CA), no intervalo entre 46 e 102 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 3)

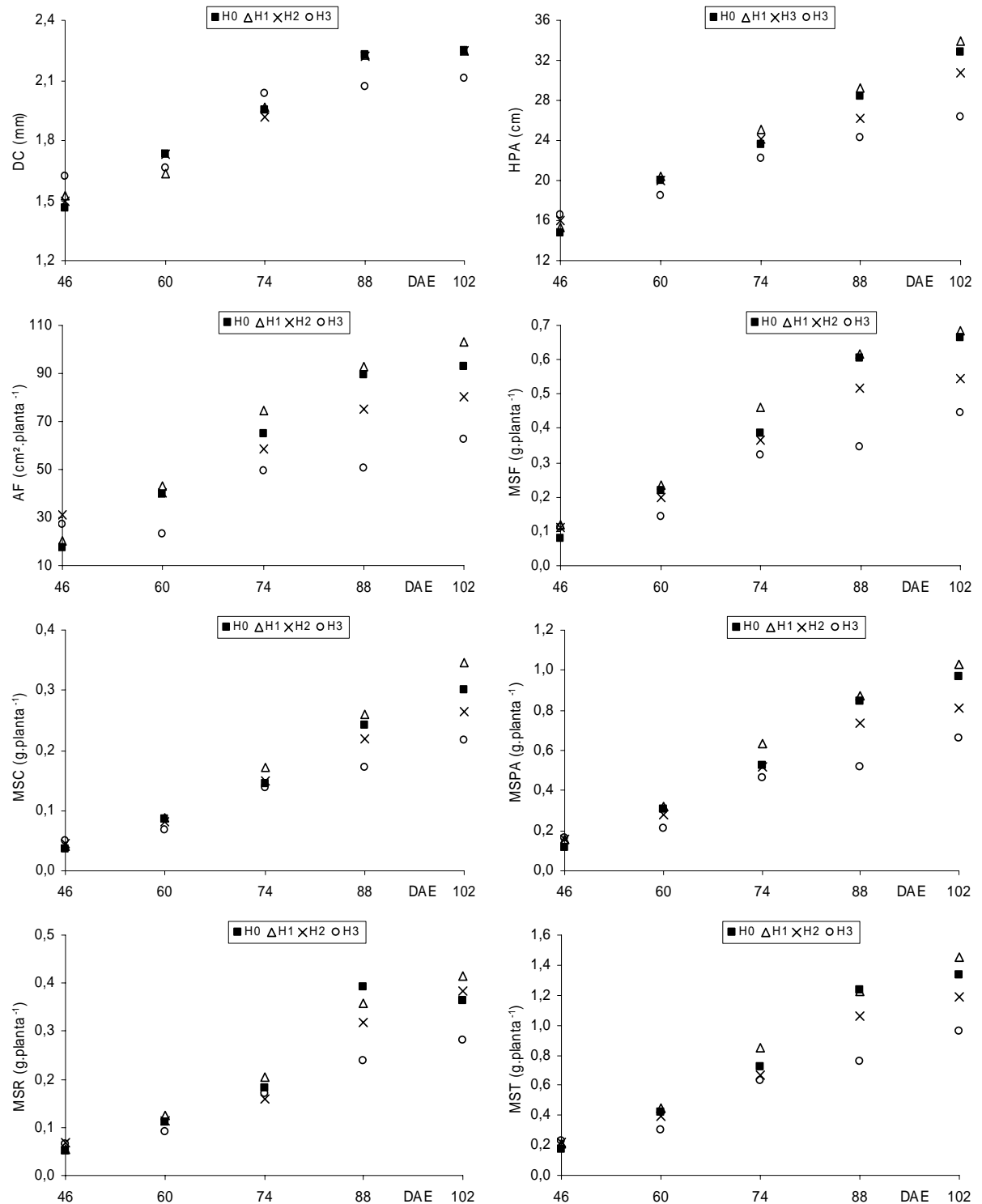


Figura 29 – Variação temporal dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>), massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca caulinar (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), em função do manejo da irrigação praticado em mudas de *E. plathyphylla* (CB), no intervalo entre 46 e 102 DAE. Média dos 4 blocos (Exp 3)

#### 4.3.3.1 Diâmetro de caule aos 102 DAE

Tabela 80 – Teste dos efeitos fixados para diâmetro de caule, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	12	15,34	0,0002
C	1	12	18,38	0,0011
L <sub>T</sub> x C	3	12	5,76	0,0112

As três causas de variação foram significativas ao nível de 5% de significância (Tabela 80). Entretanto, a Tabela 81 evidencia que a interação ocasionada pelas lâminas H3 e H2 não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para o teste F.

Tabela 81 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para diâmetro de caule, aos 102 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	23,3	19,72	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	23,3	3,08	0,0473
L <sub>T</sub> x C	H3	1	12,0	0,33	0,5781
L <sub>T</sub> x C	H2	1	12,0	0,69	0,4219
L <sub>T</sub> x C	H1	1	12,0	15,60	0,0019
L <sub>T</sub> x C	H0	1	12,0	19,06	0,0009

Conforme a Tabela 82, o maior diâmetro (2,52 mm) foi obtido no tratamento H1CA e o menor (2,07 mm) no tratamento H3CA, com uma diferença de 18%. Como o clone CA abrangeu os dois extremos (maior e menor crescimento), supõe-se que *E. urograndis* foi mais sensível ao déficit hídrico do que *E. plathyphylla* (CB). Ao analisarmos o clone CB, nota-se também, um crescimento menor das mudas sob o nível H3, quando comparadas ao nível H1 (maior incremento), porém, essa diferença foi de 8%.

Perante os padrões apresentados por Guerreiro e Colli Júnior (1984) e Alfenas et al. (2004), todos os tratamentos resultaram em mudas com diâmetro de qualidade.

Tabela 82 – Média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	2,0719	0,04686	23,3	44,21	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	2,1062	0,04686	23,3	44,95	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	2,3250	0,04686	23,3	49,61	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	2,2750	0,04686	23,3	48,55	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	2,5219	0,04686	23,3	53,82	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	2,2844	0,04686	23,3	48,75	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	2,5000	0,04686	23,3	53,35	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	2,2375	0,04686	23,3	47,75	<0,0001

Podemos observar na Tabela 83, que o crescimento proporcionado pelo tratamento H1CA (2,52 mm) e por H0CA (2,50 mm) foram estatisticamente iguais. Mas, H1CA representa uma economia de 18,5% no consumo de água para irrigação. Já, H2CA, apesar de diferente de H1CA e de H0CA, poderia ser utilizado, pois além de garantir um bom crescimento do caule (2,32 mm), aumentaria a economia de água para 39%, quando comparado à testemunha.

Mudas do clone CB poderiam ser produzidas com a aplicação de H2 porque o crescimento não foi estatisticamente diferente do apresentado por H1 (maior incremento). O nível H0 apresentou resultado semelhante a H1 e a H2, mas não deve ser utilizado, pois além de se ter sido caracterizado o desperdício de recurso hídrico, aumentaria a possibilidade da ocorrência de doenças e pragas, em função do ambiente propício: alta umidade e altas temperaturas (verão).

Tabela 83 – Diferença média dos quadrados mínimos para diâmetro de caule, aos 98 DAE

<b>Efeito</b>	<b>Trat</b>	<b>x</b>	<b>Trat</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro p</b>	<b>GL</b>	<b>t</b>	<b>Pr &gt; t</b>
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	-0,03437	0,06013	12,0	-0,57	0,5781
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,25310	0,06627	23,3	-3,82	0,0009
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,20310	0,06627	23,3	-3,06	0,0054
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,45000	0,06627	23,3	-6,79	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,21250	0,06627	23,3	-3,21	0,0039
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,42810	0,06627	23,3	-6,46	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,16560	0,06627	23,3	-2,50	0,0199
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	-0,21880	0,06627	23,3	-3,30	0,0031
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,16880	0,06627	23,3	-2,55	0,0180
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	-0,41560	0,06627	23,3	-6,27	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-0,17810	0,06627	23,3	-2,69	0,0131
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	-0,39370	0,06627	23,3	-5,94	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	-0,13130	0,06627	23,3	-1,98	0,0596
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	0,05000	0,06013	12,0	0,83	0,4219
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,19690	0,06627	23,3	-2,97	0,0068
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	0,01063	0,06627	23,3	0,61	0,5458
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	-0,17500	0,06627	23,3	-2,64	0,0145
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,08750	0,06627	23,3	1,32	0,1996
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	-0,24690	0,06627	23,3	-3,73	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	-0,00937	0,06627	23,3	-0,14	0,8887
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	-0,22500	0,06627	23,3	-3,40	0,0025
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	0,03750	0,06627	23,3	0,57	0,5769
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,23750	0,06013	12,0	3,95	0,0019
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,02188	0,06627	23,3	0,33	0,7443
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,28440	0,06627	23,3	4,29	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	-0,21560	0,06627	23,3	-3,25	0,0035
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,04687	0,06627	23,3	0,71	0,4864
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	0,26250	0,06013	12,0	4,37	0,0009

### 4.3.3.2 Altura aos 102 DAE

Tabela 84 – Teste dos efeitos fixados para altura, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	21	40,60	<0,0001
C	1	21	6,95	0,0154
L <sub>T</sub> x C	3	21	0,46	0,7126

Os efeitos lâmina e clone foram significativos ao nível de 5%, contudo, a interação lâmina versus clone não (Tabela 84).

A altura do clone CA foi superior a do clone CB em 4,1% (Tabela 85), sendo estimada uma diferença de quase 1,33 cm (Tabela 86).

Verifica-se que a altura apresentada nesse experimento (verão de 2004) foi superior à apresentada nos demais experimento. Supõe-se que as mudas poderiam ter sido expedidas antes; fato que pode ser confirmado por uma análise de regressão.

Tabela 85 – Média dos quadrados mínimos para altura, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	32,1812	0,3769	8,91	85,38	<0,0001
C	CB	30,8562	0,3769	8,91	81,87	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	27,0156	0,5180	19,00	52,15	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	31,7125	0,5180	19,00	61,22	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	34,4344	0,5180	19,00	66,48	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	32,9125	0,5180	19,00	63,54	<0,0001

Tabela 86 – Diferença média dos quadrados mínimos para altura, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	1,3250	0,5025	21	2,64	0,0154
L <sub>T</sub>	H3		H2	-4,6969	0,7107	21	-6,61	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-7,4188	0,7107	21	-10,44	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-5,8969	0,7107	21	-8,30	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	-2,7219	0,7107	21	-3,83	0,0010
L <sub>T</sub>	H2		H0	-1,2000	0,7107	21	-1,69	0,1061
L <sub>T</sub>	H1		H0	1,5219	0,7107	21	2,14	0,0441

A lâmina total que garantiu o maior crescimento em altura foi aplicada no nível H1 (Tabela 85). Os níveis H0 e H2, não diferiram entre si e podem ser adotados (Tabela 86), preferindo-se sempre o nível de menor demanda hídrica (no caso, H2). A diferença entre H1 e H2 foi de 8%, contudo, o valor apresentado por H2 encontra-se dentro dos padrões de qualidade e representa economia no uso da água.



### 4.3.3.3 Área foliar aos 102 DAE

Tabela 87 – Teste dos efeitos fixados para área foliar, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	12	40,09	<0,0001
C	1	12	1,75	0,2107
L <sub>T</sub> x C	3	12	3,31	0,0573

Considerando-se o nível de significância de 5%, somente a lâmina total aplicada foi significativa. Apesar de próximo, o valor da probabilidade apresentado pela interação lâmina *versus* clone, foi maior do que o estipulado e portanto não houve desmembramento (Tabela 87).

Tabela 88 – Média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	87,0430	2,1675	23,9	40,16	<0,0001
C	CB	83,1441	2,1675	23,9	38,36	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	57,5928	3,1777	12,0	18,12	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	84,0003	3,1777	12,0	26,43	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	104,3000	3,1777	12,0	32,82	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	94,4822	3,1777	12,0	29,73	<0,0001

Apesar de não haver diferença estatística entre os clones (Tabela 89), o CA exibiu a tendência de apresentar uma maior área foliar (Tabela 88).

Dentre as lâminas, todas foram diferentes ao nível de 5% de significância (Tabela 89). A maior área foliar foi resultante no nível H1, seguido por H0, por H2 e finalmente por H3 (Tabela 88). A diferença entre o melhor (H1) e o pior tratamento (H3) foi estimada em quase 47 cm (Tabela 89), ou seja, um decréscimo de quase 45% para uma economia de 52% água aplicada.

Tabela 89 – Diferença média dos quadrados mínimos para área foliar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	3,8989	2,9486	12	1,32	0,2107
L <sub>T</sub>	H3		H2	-26,4075	4,9440	12	-5,88	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H1	-46,7059	4,9440	12	-10,39	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3		H0	-36,8894	4,9440	12	-8,21	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2		H1	-20,2984	4,9440	12	-4,52	0,0007
L <sub>T</sub>	H2		H0	-10,4819	4,9440	12	-2,33	0,0379
L <sub>T</sub>	H1		H0	9,8166	4,9440	12	2,18	0,0495

#### 4.3.3.4 Massa seca foliar aos 102 DAE

Tabela 90 – Teste dos efeitos fixados para massa seca foliar, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	14,54	0,0008
C	1	12	15,65	0,0019
L <sub>T</sub> x C	3	12	2,61	0,0997

Tabela 91 – Média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	0,6671	0,02192	5,64	30,43	<0,0001
C	CB	0,5745	0,02192	5,64	26,20	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,4378	0,03564	12,00	12,28	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,6078	0,03564	12,00	17,05	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	0,7410	0,03564	12,00	20,79	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	0,6968	0,03564	12,00	19,55	<0,0001

Segundo as Tabelas 90, 91 e 92, os clones CA e CB foram diferentes ao nível de 5% de significância. CA apresentou um incremento da massa seca foliar maior que CB, em torno de 14% com estimativa de ganhos de 0,093 g.planta<sup>-1</sup>.

O manejo hídrico H1 foi responsável por promover 0,741 g.planta<sup>-1</sup>, seguido por H0. O nível H0 não se diferiu de H1, nem de H2, portanto, constatamos que as diferenças de 18% entre H1 e H2, pode até ser desprezada em situação de escassez hídrica, quando se recomenda a utilização de H2. O nível H3 foi inferior aos demais e não deve ser adotado.

Tabela 92 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca foliar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA		CB	0,09261	0,02341	12	3,96	0,0019
L <sub>T</sub>	H3		H2	-0,17000	0,04971	9	-3,42	0,0076
L <sub>T</sub>	H3		H1	-0,30320	0,04971	9	-6,10	0,0002
L <sub>T</sub>	H3		H0	-0,25900	0,04971	9	-5,21	0,0006
L <sub>T</sub>	H2		H1	-0,13320	0,04971	9	-2,68	0,0252
L <sub>T</sub>	H2		H0	-0,08902	0,04971	9	-1,79	0,1069
L <sub>T</sub>	H1		H0	0,04420	0,04971	9	0,89	0,3971

#### 4.3.3.5 Massa seca caulinar aos 102 DAE

Todos os efeitos foram significativos (Tabela 93). De acordo com a Tabela 94, somente o nível H3 não promoveu uma interação significativa entre a aplicação de sua lâmina e os clones.

Tabela 93 – Teste dos efeitos fixados para massa seca caulinar, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	23,74	0,0001
C	1	12	58,97	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	3	12	3,94	0,0361

Tabela 94 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca caulinar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	17	24,54	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	17	9,80	0,0006
L <sub>T</sub> x C	H3	1	12	0,89	0,3637
L <sub>T</sub> x C	H2	1	12	22,49	0,0005
L <sub>T</sub> x C	H1	1	12	18,23	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H0	1	12	29,18	0,0002

Tabela 95 – Média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,2375	0,01571	20,9	15,11	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,2208	0,01571	20,9	14,05	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,3496	0,01571	20,9	22,25	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,2658	0,01571	20,9	16,92	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,4122	0,01571	20,9	26,24	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,3368	0,01571	20,9	21,44	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,3797	0,01571	20,9	24,17	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,2843	0,01571	20,9	18,10	<0,0001

A Tabela 95 evidencia que o melhor tratamento foi H1CA, proporcionando às mudas o maior incremento de massa seca caulinar. O nível H1 também promoveu o maior crescimento em mudas do Clone CB, porém a diferença entre H1CA e H1CB foi de 18,3%. O desenvolvimento de CA foi bem superior ao do CB. O melhor resultado de CB (0,337 g.planta<sup>-1</sup>) ficou entre o segundo e o terceiro melhor nível de CA, de aproximadamente 0,38 g.planta<sup>-1</sup> e 0,35 g.planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Para os dois clones, a lâmina aplicada em H3 garantiu o pior incremento, e não apresentou diferença significativa (Tabela 96).

Tabela 96 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca caulinar, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	0,01667	0,01766	12	-0,94	0,03637
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,11210	0,02168	17	-5,17	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,02833	0,02168	17	-1,31	0,20870
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,17470	0,02168	17	-8,06	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,09933	0,02168	17	-4,58	0,00030
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,14220	0,02168	17	-6,56	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,04684	0,02168	17	-2,16	0,04530
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	-0,12880	0,02168	17	-5,94	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,04501	0,02168	17	-2,08	0,05340
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	-0,19140	0,02168	17	-8,83	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-0,11600	0,02168	17	-5,35	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	-0,15890	0,02168	17	-7,33	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	-0,06352	0,02168	17	-2,93	0,00940
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	0,08375	0,01766	12	4,74	0,00050
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,06266	0,02168	17	-2,89	0,01020
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	0,01275	0,02168	17	0,59	0,56420
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	-0,03015	0,02168	17	-1,39	0,18230
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,06524	0,02168	17	3,01	0,00790
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	-0,14640	0,02168	17	-6,75	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	-0,07100	0,02168	17	-3,27	0,00450
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	-0,11390	0,02168	17	-5,25	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	-0,01851	0,02168	17	-0,85	0,40510
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,07541	0,01766	12	4,27	0,00110
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,03251	0,02168	17	1,50	0,15220
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,12790	0,02168	17	5,90	<0,00010
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	-0,04290	0,02168	17	-1,98	0,06430
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,05249	0,02168	17	2,42	0,02700
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	0,09539	0,01766	12	5,40	0,00020

#### 4.3.3.6 Massa seca da parte aérea aos 102 DAE

Todas as causas de variação foram significativas ao nível de 5% de significância (Tabela 97). E, como na massa seca caulinar, a interação promovida pelo nível H3 não foi significativa (Tabela 98).

Tabela 97 – Teste dos efeitos fixados para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	11,50	0,0020
C	1	12	34,01	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	3	12	3,53	0,0484

Tabela 98 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	15,3	14,25	0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	15,3	4,44	0,0197
L <sub>T</sub> x C	H3	1	12,0	0,12	0,7363
L <sub>T</sub> x C	H2	1	12,0	9,34	0,0100
L <sub>T</sub> x C	H1	1	12,0	11,68	0,0051
L <sub>T</sub> x C	H0	1	12,0	23,47	0,0004

O tratamento H1CA resultou no maior incremento, seguido por H0CA e por H2CA (Tabela 99).

A Tabela 100 elucida que o nível H0 não diferiu de H1 e de H2. Porém, os níveis H1 e H2 foram diferentes entre si e apresentaram uma queda de produção entre os tratamentos H1CA e H2CA, estimada em 0,083 g.planta<sup>-1</sup>.

Para o clone CB, o desempenho das lâminas aplicadas foi parecido ao discutido para o clone CA, sendo o tratamento H1CB resultante do maior incremento, seguido por H0CB e por H2CB.

O pior tratamento foi estabelecido pelo nível H3. A redução na produção de H3CA foi da ordem de 47,5% em relação a H1CA e de 37,11% no tratamento H3CB, em relação a H1CB.

As diferenças proporcionadas pela interação lâmina *versus* clone, demonstram que a amplitude apresentada entre o maior (nível H1) e o menor (nível H3) valor de massa seca caulinar nas mudas do clone CA (0,2615 g.planta<sup>-1</sup>) foi maior do que a amplitude apresentada nos resultados do clone CB (0,1612 g.planta<sup>-1</sup>). O fato pode indicar que sob diferentes graus de restrição hídrica, o crescimento de mudas de *E. urograndis* (CA) é mais afetado.

Tabela 99 – Média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,2899	0,03205	19,3	9,05	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,2766	0,03205	19,3	8,69	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	0,4685	0,03205	19,3	14,62	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	0,3687	0,03205	19,3	11,50	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	0,5514	0,03205	19,3	17,21	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	0,4398	0,03205	19,3	13,72	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	0,5286	0,03205	19,3	16,49	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	0,3704	0,03205	19,3	11,56	<0,0001

Tabela 100 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca da parte aérea, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	0,011260	0,03265	12,0	0,34	0,7363
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,178600	0,04436	15,3	-4,03	0,0011
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,787900	0,04436	15,3	-1,78	0,0956
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,261500	0,04436	15,3	-5,90	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,149900	0,04436	15,3	-3,38	0,0040
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,238700	0,04436	15,3	-5,38	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,080480	0,04436	15,3	-1,81	0,0893
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	-0,189800	0,04436	15,3	-4,28	0,0006
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,090040	0,04436	15,3	-2,03	0,0601
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	-0,272800	0,04436	15,3	-6,15	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-0,161200	0,04436	15,3	-3,63	0,0024
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	-0,249900	0,04436	15,3	-5,63	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	-0,091730	0,04436	15,3	-2,07	0,0560
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	0,099790	0,03265	12,0	3,06	0,0100
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,082950	0,04436	15,3	-1,87	0,0807
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	0,028650	0,04436	15,3	0,65	0,5279
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	-0,060090	0,04436	15,3	-1,35	0,1952
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,098100	0,04436	15,3	2,21	0,0426
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	-0,182700	0,04436	15,3	-4,12	0,0009
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	-0,071140	0,04436	15,3	-1,60	0,1292
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	-0,159900	0,04436	15,3	-3,60	0,0025
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	-0,001690	0,04436	15,3	-0,04	0,9701
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,111600	0,03265	12,0	3,42	0,0051
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,002286	0,04436	15,3	0,52	0,6136
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,181100	0,04436	15,3	4,08	0,0009
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	-0,088740	0,04436	15,3	-2,00	0,0635
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,094600	0,04436	15,3	1,57	0,1378
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	0,158200	0,03265	12,0	4,84	0,0004

#### 4.3.3.7 Massa seca radicular aos 102 DAE

Tabela 101 – Teste dos efeitos fixados para massa seca radicular, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	17,60	0,0005
C	1	12	26,58	0,0002
L <sub>T</sub> x C	3	12	3,15	0,0648

A interação lâmina *versus* clone não foi significativa (Tabela 101).

O resultado da massa seca radicular do clone CA (1,0119 g.planta<sup>-1</sup>) foi superior a apresentada por mudas de *E. plathyphylla* (0,8514 g.planta<sup>-1</sup>), em 0,16 g.planta<sup>-1</sup> (Tabela 103).

Tabela 102 – Média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	1,0119	0,02923	5,62	34,62	<0,0001
C	CB	0,8514	0,02923	5,62	29,13	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	0,6669	0,04772	12,0	13,98	<0,0001
L <sub>T</sub>	H2	0,9154	0,04772	12,0	19,18	<0,0001
L <sub>T</sub>	H1	1,1155	0,04772	12,0	23,38	<0,0001
L <sub>T</sub>	H0	1,0288	0,04772	12,0	21,56	<0,0001

A lâmina total mais adequada para o maior crescimento foi aplicada no nível H1 (Tabela 102). Que, conforme discutido anteriormente, obteve um desempenho semelhante ao nível H0, porém gerando uma economia de água. Os valores alcançados pelas mudas do nível H0 foram semelhantes as do nível H2 (Tabela 103). A aplicação da lâmina total do nível H3 resultou no pior incremento.

Tabela 103 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca radicular, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
C	CA	CB	0,1604	0,03111	12	5,16	0,0002
L <sub>T</sub>	H3	H2	-0,2485	0,06663	9	-3,73	0,0047
L <sub>T</sub>	H3	H1	-0,4486	0,06663	9	-6,73	<0,0001
L <sub>T</sub>	H3	H0	-0,3619	0,06663	9	-5,43	0,0004
L <sub>T</sub>	H2	H1	-0,2001	0,06663	9	-3,00	0,0149
L <sub>T</sub>	H2	H0	-0,1134	0,06663	9	-1,70	0,1231
L <sub>T</sub>	H1	H0	0,0867	0,06663	9	1,30	0,2255

#### 4.3.3.8 Massa seca total aos 102 DAE

Tabela 104 – Teste dos efeitos fixados para massa seca total, aos 102 DAE

Efeito	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub>	3	9	16,50	0,0005
C	1	12	37,10	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	3	12	4,13	0,0317

Tabela 105 – Teste dos efeitos da interação lâmina *versus* clone para massa seca total, aos 102 DAE

Efeito	Trat	GL <sub>n</sub>	GL <sub>d</sub>	F	Pr > F
L <sub>T</sub> x C	CA	3	15,1	14,25	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	CB	3	15,1	6,69	0,0043
L <sub>T</sub> x C	H3	1	12,0	0,01	0,9208
L <sub>T</sub> x C	H2	1	12,0	12,86	0,0037
L <sub>T</sub> x C	H1	1	12,0	13,92	0,0029
<b>L<sub>T</sub> x C</b>	<b>H0</b>	<b>1</b>	<b>12,0</b>	<b>22,68</b>	<b>0,0005</b>

Todos os efeitos foram significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 104). Das lâminas, o nível H3 não promoveu interação significativa considerando-se a probabilidade de significância dos valores de F.

Tabela 106 – Média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 102 DAE

Efeito	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA	0,9554	0,08195	19,6	11,66	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB	0,9469	0,08195	19,6	11,55	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA	1,4845	0,08195	19,6	18,12	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB	1,1835	0,08195	19,6	14,44	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA	1,7677	0,08195	19,6	21,57	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB	1,4545	0,08195	19,6	17,75	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA	1,6781	0,08195	19,6	20,48	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H0 x CB	1,2784	0,08195	19,6	15,60	<0,0001

Tabela 107 – Diferença média dos quadrados mínimos para massa seca total, aos 102 DAE

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro p	GL	t	Pr > t
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H3 x CB	0,008525	0,08394	12,0	0,10	0,9208
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CA	-0,529100	0,11570	15,1	-4,58	0,0004
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H2 x CB	-0,228100	0,11570	15,1	-1,97	0,0672
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CA	-0,812300	0,11570	15,1	-7,02	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H1 x CB	-0,499100	0,11570	15,1	-4,32	0,0006
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CA	-0,722700	0,11570	15,1	-6,25	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CA		H0 x CB	-0,322900	0,11570	15,1	-2,79	0,0136
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CA	-0,537600	0,11570	15,1	-4,65	0,0003
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H2 x CB	-0,236600	0,11570	15,1	-2,05	0,0586
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CA	-0,820800	0,11570	15,1	-7,10	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H1 x CB	-0,507600	0,11570	15,1	-4,39	0,0005
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CA	-0,731200	0,11570	15,1	-6,32	<0,0001
L <sub>T</sub> x C	H3 x CB		H0 x CB	-0,331500	0,11570	15,1	-2,87	0,0117
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H2 x CB	0,301100	0,08394	12,0	3,59	0,0037
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CA	-0,283100	0,11570	15,1	-2,45	0,0270
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H1 x CB	0,030000	0,11570	15,1	0,26	0,7988
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CA	-0,193600	0,11570	15,1	-1,67	0,1147
L <sub>T</sub> x C	H2 x CA		H0 x CB	0,206200	0,11570	15,1	1,78	0,0947
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CA	-0,584200	0,11570	15,1	-5,05	0,0001
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H1 x CB	-0,271100	0,11570	15,1	-2,34	0,0331
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CA	-0,494700	0,11570	15,1	-4,28	0,0006
L <sub>T</sub> x C	H2 x CB		H0 x CB	-0,094890	0,11570	15,1	-0,82	0,4247
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H1 x CB	0,313100	0,08394	12,0	3,73	0,0029
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CA	0,089530	0,11570	15,1	0,77	0,4508
L <sub>T</sub> x C	H1 x CA		H0 x CB	0,489300	0,11570	15,1	4,23	0,0007
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CA	-0,223600	0,11570	15,1	-1,93	0,0721
L <sub>T</sub> x C	H1 x CB		H0 x CB	0,176200	0,11570	15,1	1,52	0,1483
L <sub>T</sub> x C	H0 x CA		H0 x CB	0,399800	0,08394	12,0	4,76	0,0005



O incremento promovido pela massa seca total do clone CA foi 17,4% ( $0,256 \text{ g.planta}^{-1}$ ) maior que o promovido por CB (Tabela 106).

O tratamento de maior incremento foi proporcionado por H1CA.

Para o clone CB, o maior resultado foi proporcionado no tratamento H1CB.

Em ambos os casos, o desempenho do nível H3 foi considerado o pior, indicando que o *deficit* hídrico resulta em queda de produtividade, em todas as partes da planta, ocasionando uma baixa produtividade nos valores de massa seca total.

#### 4.3.3.9 Compêndio

As mudas de *E. urograndis* (CA) apresentaram um crescimento superior às mudas de *E. plathyphylla* (CB).

A aplicação da lâmina total H1 promoveu maiores incrementos quando comparada às demais (H0, H2 e H3), contudo, os valores obtidos para a maioria dos parâmetros estavam altos e por conseguinte, supõe-se que, com a adoção do manejo H2, as mudas chegariam ao final da fase de crescimento com valores dentro dos padrões de qualidade e aumentaria a economia no consumo de água quando comparado com a testemunha (H0). Ou então, mantendo-se o nível H1, certamente as mudas seriam produzidas em menos tempo, possibilitando um aumento no número de mudas produzidas durante a estação.

O pior incremento foi promovido pelo nível H3, caracterizando qua a deficiência hídrica proporcionou queda na produtividade.

Em relação a testemunha, a adoção de H1 reduziu o consumo de água em 18,5% e a adoção de H2 reduziu em 39,2%. Sendo assim, as lâminas diárias foram estimadas entre 7 e  $9 \text{ mm.dia}^{-1}$ .

#### 4.3.4 Função de produção

Segundo as curvas exibidas nas Figuras 30 e 31, o desempenho das mudas de *E. urograndis* (CA) perante as lâminas aplicadas se mostrou mais eficiente no uso da água do que o desempenho apresentado por mudas de *E. plathyphylla* (CB).

A curva representada na cor cinza denota que o valor de F não foi significativo.

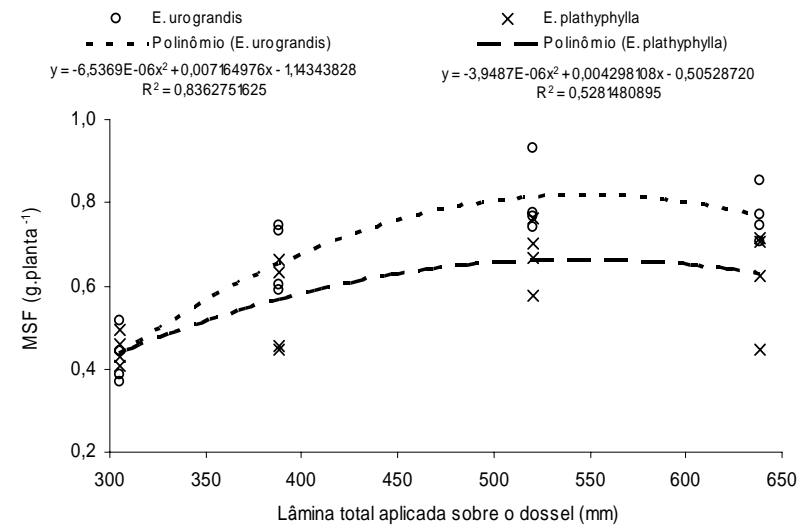
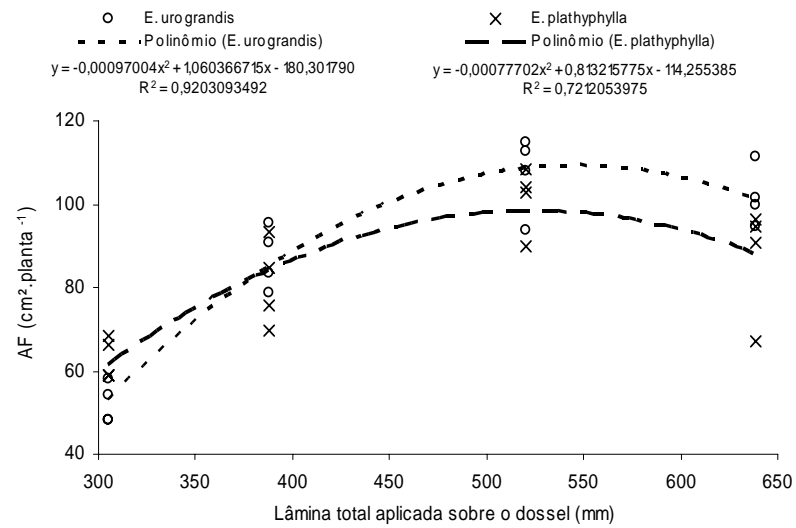
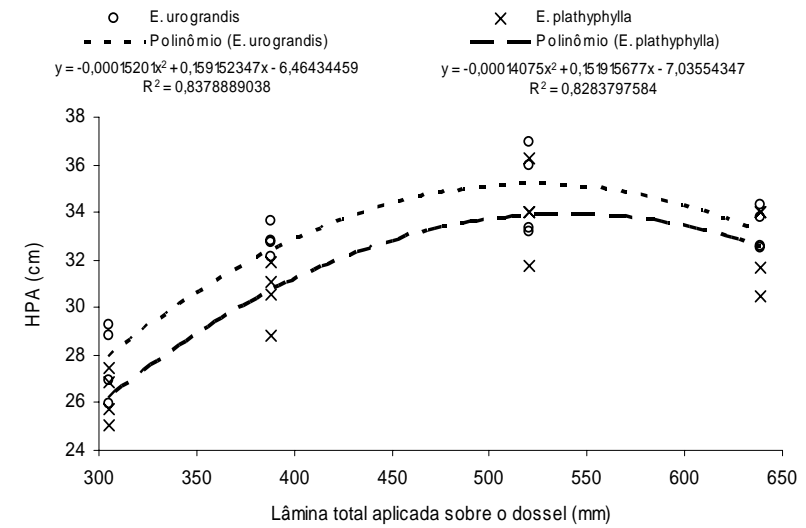
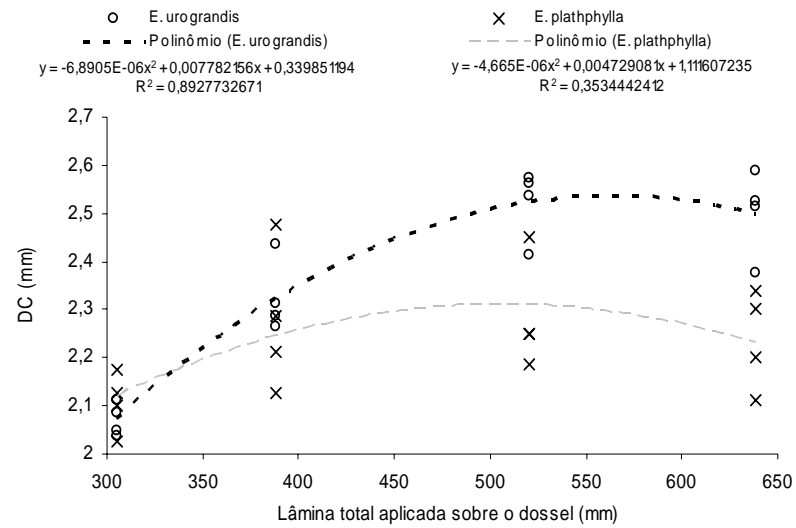


Figura 30 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: diâmetro de caule (DC, mm), altura da parte aérea (HPA, cm), área foliar (AF, cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) e massa seca foliar (MSF, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 102 DAE (Exp 3)

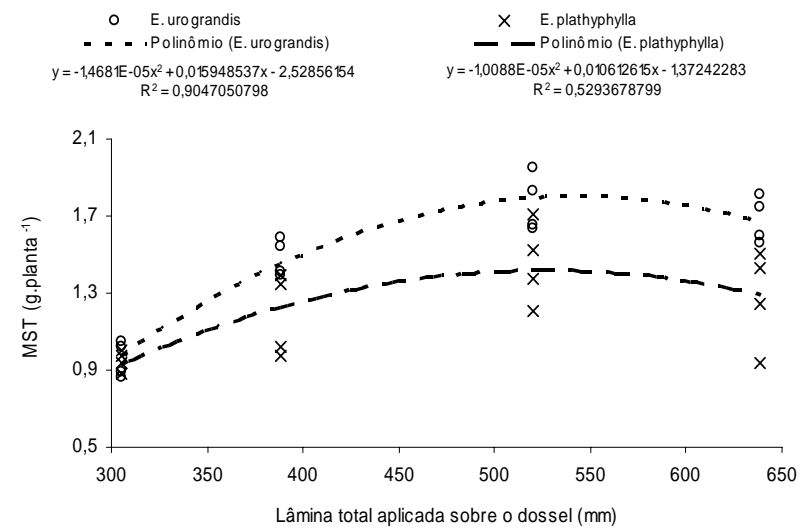
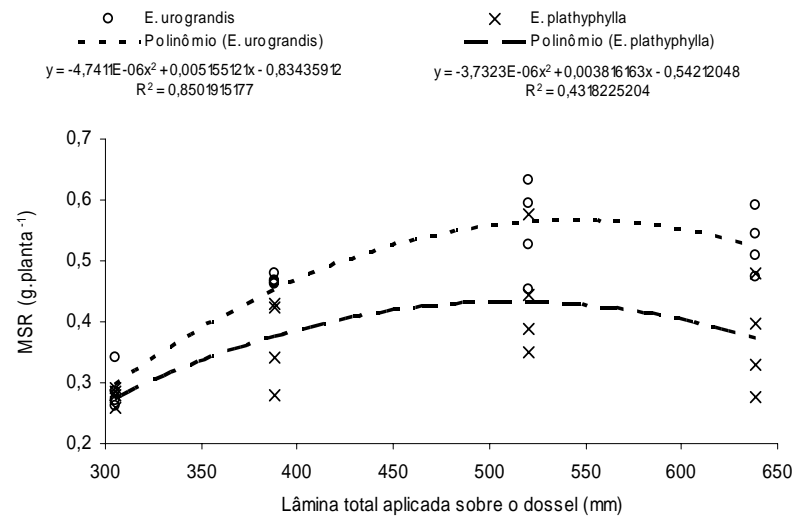
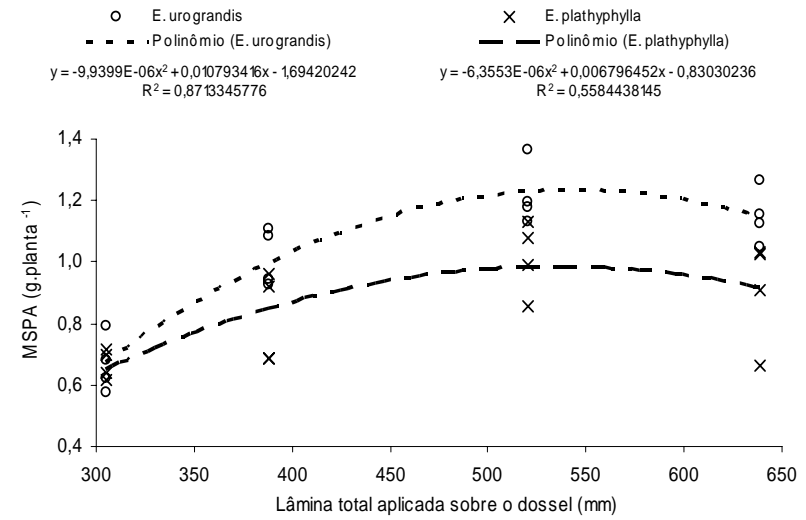
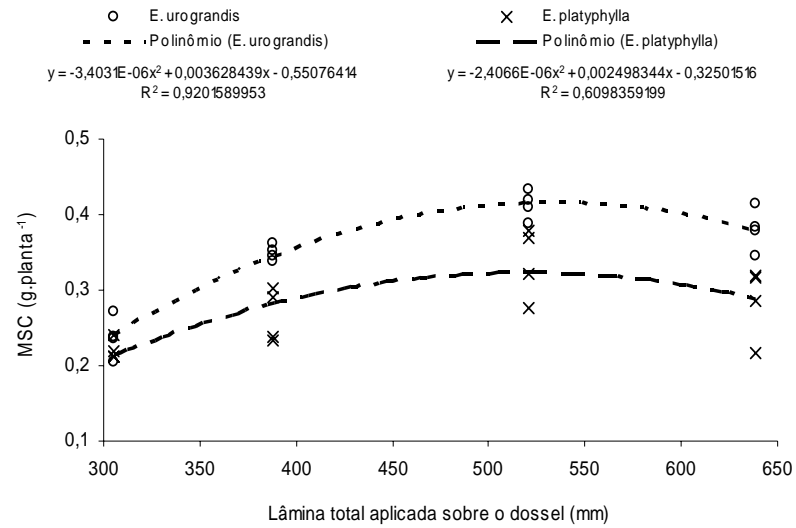


Figura 31 – Função de produção dos parâmetros morfológicos: massa seca caular (MSC, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPA, g.planta<sup>-1</sup>), massa seca radicular (MSR, g.planta<sup>-1</sup>) e massa seca total (MST, g.planta<sup>-1</sup>), para mudas dos clones *E. urograndis* e *E. plathyphylla*, aos 102 DAE (Exp 3)

Tabela 108 – Lâmina ótima para a obtenção do ponto de máximo produtivo ( $L_{max}$ ) dos parâmetros morfológicos, fundamentada nas equações apresentadas nas Figuras 30 e 31 (Exp 3)

Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. urograndis</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	564,70	0,8927732671	54,08260 *
Altura (cm)	523,48	0,8378889038	31,33440 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	546,56	0,9203093492	71,75940 *
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	548,04	0,8392751625	32,39980 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	533,12	0,9201589953	72,83820 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	542,93	0,8713345776	42,86850 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	543,67	0,850191577	34,17290 *
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	543,17	0,9047050798	58,26140 *
Parâmetro	$L_{max}$ em <i>E. plathyphylla</i> (mm)	R <sup>2</sup>	F <sup>(1)</sup>
Diâmetro (mm)	506,87	0,3534442412	3,08474 <sup>ns</sup>
Altura (cm)	539,66	0,8283797584	31,18930 *
Área foliar (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )	523,29	0,7212053975	15,12010 *
Massa seca foliar (g.planta <sup>-1</sup> )	544,24	0,5281480895	6,90760 *
Massa seca caulinar (g.planta <sup>-1</sup> )	519,05	0,6098359199	8,37989 *
Massa seca da parte aérea (g.planta <sup>-1</sup> )	534,70	0,5584438145	7,53335 *
Massa seca radicular (g.planta <sup>-1</sup> )	511,23	0,4318225204	4,85123 *
Massa seca total (g.planta <sup>-1</sup> )	526,02	0,5293678799	6,88446 *

Notas: <sup>(1)</sup> \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o crescimento de mudas do clone CA (*E. urograndis*), as lâminas totais ( $L_{max}$ ) aplicadas para alcançar os pontos de máxima produtividade variaram entre 523,48 mm (altura) e 564,70 mm (diâmetro), sendo que esses valores se encontram entre os níveis H1 (520,47 mm) e H0 (638,73 mm).

Quanto ao clone CB (*E. plathyphylla*), os pontos de máxima produtividade foram obtidos entre as lâminas ( $L_{max}$ ) 511,23 mm (massa seca radicular) e 544,24 mm (massa seca foliar). O valor mais baixo de  $L_{max}$  deveria ser 506,87 mm, contudo, o modelo projetado para o diâmetro não foi significativo. Os valores responsáveis pelo ponto de ótimo produtivo estão localizados perto do limite superior do nível H2 (388,33 mm) e H0 (638,73 mm), porém, toods estão muito próximos a lâmina total aplicada por H1 (520,47 mm).

As equações de regressão, além de fornecerem o ponto de máxima produtividade podem ajudar ainda mais a otimizar a irrigação de viveiros florestais. Com padrões de qualidade para expedição em mãos, pode-se fixar este valor (por exemplo, 20 cm no caso da altura de plantas) e variar os valores de lâmina total aplicada sobre o dossel.

Observou-se que os resultados de algumas variáveis desse terceiro experimento foram relativamente altos, por conseguinte, fixando-se os valores requeridos, visualiza-se a lâmina ótima para garantir os padrões de qualidade e supõe-se que as mudas poderiam ter sido expedidas em um tempo menor do que foram.

#### **4.4 Considerações finais**

Perante aos resultados obtidos com os três experimentos, pode-se afirmar que o manejo empírico da irrigação causa prejuízo às empresas florestais, seja por excesso ou por falta de água.

Os resultados apresentados demonstram ser de grande importância realizar o manejo da irrigação fundamentado em princípios, no intuito de otimizar os recursos disponíveis para a obtenção da máxima produtividade de mudas de eucalipto, especialmente no que se refere aos fatores ambientais e suas influências sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, bem como na demanda hídrica.

A irrigação, assim como a adubação, é um dos meios que o viveirista tem para adiantar ou retardar o tempo de permanência das mudas no viveiro.

A maior densidade populacional de mudas clonais de eucalipto (*E. urophylla* var. *plathyphylla*) promoveu maior produtividade no experimento 1.

Para o experimento 1, o tratamento hídrico H2 foi o mais adequado, ocasionando uma economia de 28,6% em relação à testemunha H0.

O tratamento H1 foi o melhor para os experimentos 2 e 3, gerando uma economia de 25,5% e 19,5%, respectivamente, em relação à testemunha H0.

## 5 CONCLUSÕES

O genótipo e o manejo de água afetam a produção de mudas clonais de eucalipto (*E. urophylla* x *E. grandis* e *E. urophylla* var. *plathyphylla*), influenciando o seu desenvolvimento e crescimento.

Sob as mesmas condições, os híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* apresentaram maior crescimento que *E. urophylla* var. *plathyphylla*.

Há sempre uma lâmina total de água ótima correspondente à máxima produtividade que deve ser determinada em função do genótipo e do ambiente, indicando que o excesso e a deficiência hídrica reduzem o potencial de produção desse genótipo utilizado.

**REFERÊNCIAS**

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ALVARENGA, R.C.; BARROS, N.F.de.; DANTAS, C.E de S.; LOBÃO, D.E.V.P. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 107-114, 1994.

ANDRADE, E.N. de. **O eucalipto**. 2.ed. Jundiaí: Cia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

ANSORENA MINER, J. **Substratos: propiedades y caracterización**. Bilbao: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

ARACRUZ – **E a questão do uso da água pelo eucalipto?**. Disponível em: <[http://www.aracruz.com.br/web/pt/curiosidades/curios\\_faq20.htm](http://www.aracruz.com.br/web/pt/curiosidades/curios_faq20.htm)>. Acesso em: 02 jun. 2005.

BALLESTER-OLMOS, J.F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992. 44 p. (Hojas Divulgadoras, 11).

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BILDERBACK, T.E.; FONTENO, W.C.; JOHNSON, D.R. Physical properties of media compared of hulls, pine black and peatmoss and their effects on azalea growth. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, p. 522-525, 1982.

BIX, R.A. Some thoughts on the physical properties of substrate with a special reference to aeration. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 31, p. 149-160, 1973.

BONA, C.; BOEGER, M.A.; SANTOS, G. de O. **Guia ilustrado de anatomia vegetal**. Ribeirão Preto: Holos, 2004. 80 p.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio**. Piracicaba: IPEF, 2002. 5 p. (IPEF. Circular Técnica, 195).

CALDER, I.R.; HALL, R.L; ADLARD, P.G. **Growth and water use of forest plantations**. Chichester: J. Wiley, 1992. 391 p.

CAMARGO, A.P. de. Estão plantando um deserto?. In: ARACRUZ. **O eucalipto e a ecologia**. Aracruz: ARACRUZ, 1975. cap. 4, p. 25-33.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP. **Manual de produção de mudas de essências florestais nativas**. São Paulo: CESP, 2000. 55 p. (CESP. Série Divulgação e Informação, 244).

COMPANHIA PAULISTA DE ESTRADAS DE FERRO. **O eucalipto**. Disponível em: <<http://www.geocities.com/motorcity/street/2376/eucalipto.html>>. Acesso em: 01 jul. 2005.

COOL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCÍA, B. S.; TAMÉS, R. S. Relaciones hídricas y nutrición. In: \_\_\_\_\_. **Fisiología Vegetal**. 6.ed. Madrid: Ediciones Pirámide, 1992. p. 59-167.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI. **Distribuição dos plantios de eucalipto no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/novacati/index.php>>. Acesso em: 25 ago. 2005.

COZZO, D. **Eucalyptus y eucaliptotecnía**. Buenos Aires: El Atenero Editorial, 1955. 393 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>). In: \_\_\_\_\_. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H.R. Gheyi; A.A. de Souza; F.A.V. Damasceno; J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 2000. cap. 2., p. 18-27.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. New York: Calendron Press; Oxford University Press, 1994. 287 p.

EMBRAPA. **Cultivo do eucalipto: importância socioeconômica e ambiental**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/index.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2005.

ESTUDOS apresentam melhora para eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 69, p.123, 2003.

FABRI, E.G. **Determinação da qualidade comercial dos substratos comercializados em Piracicaba – SP**. 2004. 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FAÇANHA, J.G.V.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F.; BARROS, N.F de. Relação germinação.crescimento em espécies de eucalipto submetidas a estresse hídrico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 177-187, 1983.

FAO. **O dilema do eucalipto**. Roma: FAO. 1989. 26 p.

FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 29-38. (IAC. Documentos, 70).



- FERREIRA, C.A.G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.
- FERRI, M.G. O consumo d'água dos eucaliptos. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 9, p. 207-210, 1957.
- FONTENO, W.C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 342, p. 197-204, 1993.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 42 p. (LER. Série didática, 6).
- FURTADO, E.L.; SANTOS, C.A.G.; SAMBUGARO, R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N. Manejo de doenças de *Eucalyptus*: viveiro e campo. **Apostila de curso**. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2003. 48p.
- GERVÁSIO, E.S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. 2003. 105 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- GILMOUR, D.A. **Catchment water balance studies on the wet tropical coast of North Queensland**. 1975. 245 p. Tese (Doutorado) – James Cook University of North Queensland, Queensland, 1975.
- GISLERØD, H.R. Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. **Plant and Soil**, New York, v. 69, p. 445-456, 1982.
- GOLFARI, L. Fantasias e realidades sobre plantios de eucalipto. In: ARACRUZ. **O eucalipto e a ecologia**. Aracruz: ARACRUZ, 1975. cap. 3, p. 17-23.
- GONÇALVES, J.L.M.; POGIANI, F. Substrato para a produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: SBCS; SLCS, 1996. 1 CD-ROM.
- GRAS, R.; AGUIS, I. Quelques propriétés physiques des substrats horticoles. **Revue Horticole**, Paris, n. 232, p. 47-50, 1982.
- GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; AUER, C.G.; SANTOS, A.F. dos. **Estratégias de manejo de doenças em viveiros florestais**. Colombo: EMBRAPA, 2001. 8 p. (EMBRAPA. Circular Técnica, 47).

GRUBER, Y.B.G.; TAVARES, A.C.S.; COELHO, R.D; DETOMINI, E.R. Viabilidade da irrigação de eucalipto em diferentes localidades do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2005. 1 CD-ROM.

GRUBER, Y.B.G.; TAVARES, A.C.S.; DETOMINI, E.R.; COELHO, R.D. Eucalipto irrigado tem de produzir mais: quanto é preciso aumentar a produtividade para custear cada sistema de irrigação. In: INSTITUTO FNP. **Agriannual 2006**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. p. 318-321.

GUERREIRO, C.A.; COLLI JUNIOR, G. Controle da qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S.A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR-FUPEF, 1984. p. 127-133.

GUIMARÃES, D. Produção de mudas de eucalipto é insuficiente. **A Gazeta Mercantil**, São Paulo, 28 nov. 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/serviços/clipping/view.asp?Id=1236>>. Acesso em 16 jan. 2006.

GÜRSES, M.K.; ÖZKURT, A. Effects of irrigation on growth in height and diameter in *Eucalyptus camaldulensis* plantations in Turkey. In: POTTS, B.M.; BORRALHO, N.M.G.; REID, J.B.; CROMER, R.N.; TIBBITIS, W.N.; RAYMOND, C.A. **Eucalypt plantations: improving fiber yield and quality**. Sandy Bay: Hobart; CRCTHF/IUFRO, 1995. v. 1, p. 344-348.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V. de A. **Produção de mudas de *Eucalyptus* por propagação vegetativa**. Disponível em: <[http://www.ceud.ufms.br/~omard/docs/a\\_matdid/silvicultura/ProdMudEucaPropVeg.htm](http://www.ceud.ufms.br/~omard/docs/a_matdid/silvicultura/ProdMudEucaPropVeg.htm)>. Acesso em 01 jul. 2005.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.de A.; GONÇALVES, A.N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2000. 11 p. (IPEF. Circular Técnica, 192).

INABALÁVEIS árvores. **Globo Rural**, São Paulo, n. 239, Silvicultura, p. 9, 2005.

INOUE, M.T.; RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 40, p. 15-20, 1988.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. **Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial (BEPP)**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/bepp/bepp.asp>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. Rede experimental BEPP constata ganhos de até 40% na produtividade do *Eucalyptus* e define grupos de trabalho na sua 4ª reunião anual. **IPEF Notícias**, Piracicaba, n. 172, jan./fev. 2005.

INSTITUTO FNP. Florestas. In: \_\_\_\_\_. **Agriannual 2006**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. p. 322.

KAPLAN, J. Research on irrigation and salt tolerance of *Eucalyptus* in Israel. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 32, p. 681-682, 1983.

KRAMER, P.J. Water deficits and plant grow. In: \_\_\_\_\_. **Water relations of plant**. New York: Academic Press, 1983. chap. 12, p. 342-389.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Functions and properties of water. In: \_\_\_\_\_. **Water relations of plants and soils**. San Diego-Califórnia: Academic Press, 1995. chap. 2, p. 16-41.

KUDREV, T.G. **Água**: vida das plantas. São Paulo: Ícone, 1994. 178 p.

LANDIS, T.D. Irrigation and water management. In: LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; MCDONALD, E.E.; BARBETT, J.P. **The container tree nursery manual**: seedling nutrition and irrigation. Washington, DC: USDA Forest Service, 1988. v. 4. p. 69-118. (USDA. Agric. Handbk, 674).

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução de C.H.B.A. Prado. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

LEITE, N.B. Avanços da silvicultura brasileira são significativos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 4, p. 58-61, 2005.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturæ**, Wageningen, n. 396, p. 273-284, 1995.

LÉON, G.S. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de: H.R. Cheyi; A. König; B.S.O. Ceballos; F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 110 p.

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 301p.

LOPES, J.L.W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

MACEDO, A.C. **Produção de mudas em viveiros florestais**: espécies nativas. Revisado e ampliado por P.Y. KAGEYAMA; L.G.S. da COSTA. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 18 p.

- MAGALHÃES, J.G.R.; NASCIMENTO FILHO, M.B.; MORAES, E.J.; FERNANDES, J.C. Plantio de *E. camaldulensis* e *E. grandis* com irrigação na cova em solos cerrados. **Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 315-320, 1978.
- MELLO, H.A. Contribuição ao estudo do consumo de água por *Eucalyptus alba* Reinw., *Piptadenis rigida* Benth. e *Astronium urundeuva* (Fr. Allem.) Engl. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 1961, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAO, 1961. v. 2, p. 1014-1029.
- MESQUITA, R.; CAMPINHOS JÚNIOR, E.; MATTOS, C.M. Plantio de *Eucalyptus grandis* e do *E. saligna* com irrigação na cova. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 3-13, 1972.
- MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hydrology of horticultural substrates: II Predicting physical properties of substrate in containers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 1, p. 53-56, 1989.
- MILNER, J. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 45-52. (IAC. Documentos, 70).
- MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 114 p.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Aspectos nutricionais e ambientais do eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v. 17, n. 68, p. 10-17, 1996.
- OLIVEIRA, J.T. da S. Experiência mundial com a madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 54, p. 98-100, fev. 2001.
- PACHECO, C.A.; DIAS, A.C.; NETO, F.M.; BOTETA, L.M.; OLIVEIRA, I.B. Evapotranspiration of irrigated *Eucalyptus globulus* Labill. In: BORRALHO, N. et al. ***Eucalyptus in a changing world***. Aveiro: IUFRO, 2004. p. 250.
- PAIR, C.H.; HINZ, W.E.; REID, C.; FROST, K.R. **Sprinkler irrigation**. Maryland: Sprinkler Irrigation Association, 1975. 615 p.
- PASSOS, L.P. Transpiração. In: \_\_\_\_\_. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 117-123.
- PEREIRA, H. dos S. Estado actual de la información sobre instituciones forestales. In: FAO. **Estado de la información forestal en Brasil**. Santiago: FAO, 2002. cap. 4, p. 40-75. (FAO. Monografía de Países, 3). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/AD399S/AD399S00.pdf>. Acesso em 01 jul. 2005.

PRASAD, M. Physical properties of media for container grown crops. New Zeland peats and wood wastes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 10, p. 317-323, 1979.

REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **IPEF: Série Técnica**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22. mai. 1997.

REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 183-195, 1988.

SALVADOR, E.D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de plantas ornamentais**. 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SAMPAIO, A.N. Os eucaliptos no Brasil. In: ARACRUZ. **O eucalipto e a ecologia**. Aracruz: ARACRUZ, 1975. cap. 1, p. 5-10.

SANTOS, A.F. dos; AUER, C.G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle**. Colombo: EMBRAPA, 2001. 20 p. (EMBRAPA. Circular Técnica, 45).

SCALOPPI, E. J. Características dos principais sistemas de irrigação. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 25, p. 22-27, 1986.

SHUTTLEWORTH, W.J; LEINING, R.; BLACK, T.A.; GRACE, J.; JARVIS, P.G.; ROBERTS, H.; JONES, H.G.. Micrometeorology of temperate and tropical forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of the London**, London, v. 324, p. 299-334, 1989.

SILVA, J. de C. Desfazendo mitos e preconceitos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 69, p. 116-122, 2003.

SILVA, J. de C.; MATOS, J.L.M. de. A madeira de eucalipto na indústria moveleira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 70, p. 36-40, 2003.

SILVA, M.R. da. **Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de eucalyptus grandis W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 110 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

SILVEIRA, R.L.V. de A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. **Seja doutor do seu Eucalipto**. Piracicaba: Potafos, 2001. 32 p. (Potafos. Arquivo do Agrônomo, 12).

SILVEIRA, R.L.V. de A.; MOREIRA, A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbrido de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIGRH. **Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>>. Acesso em: 18 ago 2005.

SMITH, R.C.; POKORNY, F.A. **Physical characterization of some potting substrates in commercial nurseries**. [S.L.: s.n.], 1977. 8 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **O setor florestal brasileiro**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 31 jul. 2005a.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Re: Área plantada com eucalipto**. Diretoria SBS. <[sbs@sbs.org.br](mailto:sbs@sbs.org.br)>. Acesso em: 13 fev. 2006.

STAPE, J.L. **Irrigação de plantio**. Lençóis Paulista: IPEF, 1989. 11 p.

STAPE, J.L.; ALVEZ, J.M.; TAKAHASHI, E.N.; FRANCISCATE, W.; JACOB, W.S. Assessing nutritional and climate limitations to the productivity of *Eucalyptus* plantations at larger Spatial and temporal scales using a simple paired-plot design coupled to traditional inventory network. In: BORRALHO, N. et al. ***Eucalyptus in a changing world***. Aveiro: IUFRO, 2004a. p. 68-69.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; TAKAHASHI, E.N.; JACOB, W.S. Impacts of water, nutrient and dominance manipulations on the productivity of a clonal *Eucalyptus* plantation in a sandy oxisol in Brazil: 30-months results. In: BORRALHO, N. et al. ***Eucalyptus in a changing world***. Aveiro: IUFRO, 2004b. p. 340-341.

TEIXEIRA, D. Estado de la información sobre madera para energia. In: FAO. **Estado de la información forestal en Brasil**. Santiago: FAO, 2002. cap. 5, p. 76-95. (FAO. Monografias de Países, 3). Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/AD399S/AD399S00.pdf>> Acesso em: 01 jul. 2005.

TOMASELLI, I. El Sector Forestal Brasileño en el 2020. In: \_\_\_\_\_. **Informe Nacional Brasil: Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina**. Rome: FAO – MMA Brasil, 2004a. cap. 5. Disponível em : <[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/j3032s/j3032s00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/j3032s/j3032s00.htm)>. Acesso em 01 jul. 2005a.

TOMASELLI, I. Evolución y Situación Actual del Sector Forestal. In: \_\_\_\_\_. **Informe Nacional Brasil: Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina**. Rome: FAO – MMA Brasil, 2004b. cap. 3. Disponível em : <[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/j3032s/j3032s00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/j3032s/j3032s00.htm)>. Acesso em 01 jul. 2005b.

VERDONCK, O. New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 150, p. 575-581, 1983.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; De BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth, **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 126, p. 251-258, 1981.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. 44 p.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE A – Parâmetros utilizados na classificação climática da área experimental.

### A1 – Série histórica de chuva média acumulada ( $\text{mm.mês}^{-1}$ ) para Bofete-SP

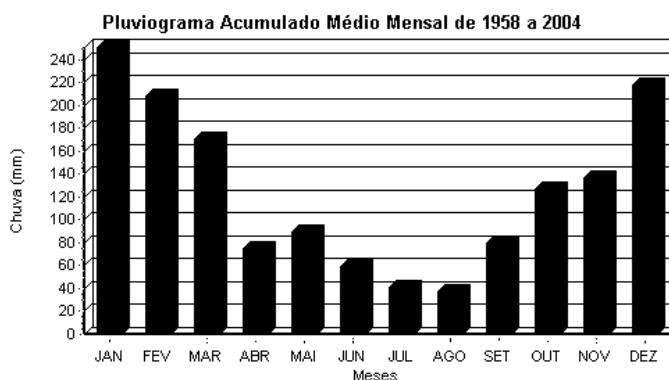


Figura 32 – Pluviograma acumulado médio mensal de 1958 a 2004, Bofete-SP

Fonte: Sistema de Informações para Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH, 2005.

### A2 – Valores de temperatura (máxima, mínima e média) para a coordenada 23°04' de Latitude Sul e 48° 11' de Longitude Oeste, a uma altitude de 600 m

Mês	T max (°C)	T min (°C)	T med (°C)
J	29,8	18,5	24,2
F	29,9	18,7	24,3
M	29,5	17,9	23,7
A	27,6	15,2	21,4
M	25,6	12,5	19,1
J	24,4	11,0	17,7
J	24,6	10,5	17,5
A	26,6	11,8	19,2
S	27,5	13,7	20,6
O	28,2	15,4	21,8
N	28,9	16,4	22,7
D	29,0	17,8	23,4
<b>Anual</b>	<b>27,7</b>	<b>14,9</b>	<b>21,3</b>

Fonte: Sentelhas (2005) – comunicação pessoal.

**APÊNDICE B – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C), umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %), evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 1)**

(continua)

2003							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
42	27/01	24,5	18,6	81	61	...	12,9
43	28/01	23,6	19,6	89	79	...	8,4
44	29/01	26,0	18,9	99	54	...	46,5
45	30/01	26,0	19,1	89	58	...	3,8
46	31/01	27,1	19,1	99	49	...	7,9
47	01/02	30,5	20,2	89	14	...	3,0
48	02/02	33,0	20,1	87	32	...	-
49	03/02	33,1	18,5	86	31	...	-
50	04/02	33,1	18,0	88	31	...	-
51	05/02	32,3	18,7	88	32	...	-
52	06/02	30,4	20,3	89	32	...	-
53	07/02	32,6	20,7	89	13	...	0,3
54	08/02	34,2	22,1	85	31	...	-
55	09/02	34,2	20,6	86	31	...	-
56	10/02	35,3	20,7	86	26	...	-
57	11/02	35,3	20,6	85	26	...	-
58	12/02	34,3	20,6	87	29	4,1	1,5
59	13/02	32,8	19,4	80	32	...	12,5
60	14/02	32,8	14,9	81	32	...	13,5
61	15/02	23,7	19,6	89	32	...	1,3
62	16/02	29,1	20,0	91	46	...	3,8
63	17/02	26,5	21,6	92	60	...	11,9
64	18/02	30,0	17,8	86	47	...	27,9
65	19/02	31,6	17,8	99	48	3,1	0,3
66	20/02	32,0	21,4	89	42	...	2,5
67	21/02	31,5	18,8	82	44	9,2	9,7
68	22/02	32,3	18,8	92	38	...	21,3
69	23/02	33,0	20,0	86	35	...	-
70	24/02	33,0	20,0	88	30	...	-
71	25/02	34,4	21,0	87	26	5,5	-
72	26/02	34,4	20,3	88	26	5,8	-
73	27/02	34,2	20,4	87	25	5,8	-
74	28/02	35,1	19,2	87	18	6,1	-
75	01/03	35,1	18,6	83	18	6,2	-
76	02/03	34,6	18,6	83	21	4,8	-
77	03/03	34,2	18,6	89	26	5,9	-
78	04/03	34,2	18,6	89	26	5,4	-

**APÊNDICE B – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C), umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %), evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 1)**

(conclusão)

2003							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
79	05/03	32,0	18,9	88	38	3,7	-
80	06/03	32,3	20,3	92	35	...	5,1
81	07/03	31,3	20,2	99	39	...	25,4
82	08/03	31,3	20,0	99	31	...	50,0
83	09/03	30,1	20,0	99	31	...	3,3
84	10/03	27,2	20,1	91	47	...	9,9
85	11/03	27,2	21,5	98	58	...	1,3
86	12/03	29,2	21,2	91	41	...	5,6
87	13/03	30,1	18,4	93	43	3,4	0,5
88	14/03	32,2	19,3	94	30	4,9	-
89	15/03	32,2	19,3	91	30	3,5	-
90	16/03	32,0	19,7	90	33	1,3	2,8
91	17/03	32,0	16,1	89	42	4,2	-
92	18/03	28,5	17,3	88	39	3,9	-
93	19/03	30,3	18,0	91	37	3,9	-
94	20/03	32,0	19,5	89	35	...	-
95	21/03	32,0	18,5	90	35	3,4	11,7
96	22/03	28,3	15,2	83	48	3,4	-
97	23/03	27,5	15,2	90	42	4,0	-
98	24/03	26,3	16,0	87	49	3,2	-

Nota: Sinais convencionais utilizados:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

... dado numérico não disponível.

<sup>(1)</sup> Dias após estaquia.

**APÊNDICE C – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C),  
umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %),  
evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 2)**

(continua)

2003							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
42	04/08	29,1	11,7	88	20	5,1	-
43	05/08	30,1	13,9	67	20	...	14,0
44	06/08	24,5	15,5	90	35	...	3,0
45	07/08	23,4	15,5	93	39	...	9,8
46	08/08	26,3	15,9	98	44	...	-
47	09/08	20,2	8,3	89	71	3,0	-
48	10/08	20,2	4,0	94	36	3,4	-
49	11/08	21,2	7,0	92	28	2,1	-
50	12/08	24,6	8,7	89	34	4,5	-
51	13/08	26,5	9,4	96	31	3,4	0,1
52	14/08	25,7	11,4	95	25	2,9	-
53	15/08	26,5	11,9	90	26	3,7	-
54	16/08	23,8	6,2	92	33	3,8	-
55	17/08	21,5	3,6	92	22	4,0	-
56	18/08	21,8	4,9	90	23	3,6	-
57	19/08	29,0	10,4	87	19	4,4	-
58	20/08	30,5	12,9	66	17	4,6	-
59	21/08	30,5	12,7	53	17	4,0	-
60	22/08	21,4	13,9	48	16	4,1	-
61	23/08	32,2	13,3	54	16	4,0	3,3
62	24/08	32,3	16,5	84	16	1,0	-
63	25/08	32,3	10,5	86	16	3,2	-
64	26/08	20,2	7,1	94	40	3,6	-
65	27/08	22,9	10,1	90	32	1,8	0,3
66	28/08	19,4	9,3	88	44	2,3	-
67	29/08	19,4	9,1	88	44	4,4	-
68	30/08	24,3	11,0	87	30	1,6	-
69	31/08	23,5	9,4	92	36	4,0	-
70	01/09	27,3	10,2	92	25	3,6	-
71	02/09	26,6	9,2	89	30	4,6	-
72	03/09	27,6	11,0	91	22	3,7	-
73	04/09	28,8	11,9	90	31	4,3	-
74	05/09	31,0	13,9	86	18	7,0	-
75	06/09	31,0	13,9	69	17	5,0	-
76	07/09	31,9	14,3	56	17	3,2	2,6
77	08/09	31,9	15,9	80	19	0,9	1,5
78	09/09	25,3	18,1	86	45	...	10,0

**APÊNDICE C – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C), umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %), evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 2)**

(conclusão)

2003							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
79	10/09	25,3	10,0	86	30	0,7	-
80	11/09	20,3	6,5	88	39	2,5	-
81	12/09	27,2	6,5	88	39	2,8	-
82	13/09	24,7	10,3	88	31	4,1	-
83	14/03	23,6	10,6	91	34	0,2	6,0
84	15/09	26,8	14,5	90	24	...	4,4
85	16/09	20,1	13,5	90	67	1,6	-
86	17/09	24,4	10,8	90	33	4,9	-
87	18/09	28,2	11,8	91	21	4,8	-
88	19/09	30,9	15,1	87	21	6,1	-
89	20/09	33,6	12,4	90	16	...	-
90	21/09	30,4	12,9	91	24	...	-
91	22/09	34,0	14,6	89	16	6,3	-
92	23/09	34,9	17,0	83	15	7,3	-
93	24/09	37,1	17,2	81	13	6,1	-
94	25/09	30,4	17,0	79	29	...	-
95	26/09	23,1	16,3	85	28	2,2	-
96	27/09	27,4	14,8	89	34	6,1	-
97	28/09	32,5	15,1	86	19	5,3	-
98	29/09	32,5	14,6	86	19	6,2	-

Nota: Sinais convencionais utilizados:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

... dado numérico não disponível.

<sup>(1)</sup> Dias após estaquia.

**APÊNDICE D – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C),  
umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %),  
evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 3)**

(continua)

2004							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
46	01/02	31,5	19,6	85	34	4,5	3,6
47	02/02	32,1	20,0	85	30	6,5	-
48	03/02	32,0	20,5	84	35	...	-
49	04/02	33	21,6	84	32	...	0,7
50	05/02	30,5	21,6	84	39	-0,3	-
51	06/02	27,6	17,4	83	48	2,8	4,6
52	07/02	26,1	14,7	87	37	4,8	-
53	08/02	27,5	16,0	86	31	6,0	-
54	09/02	28,2	15,7	84	32	...	-
55	10/02	29,5	16,6	83	29	6,1	-
56	11/02	30,0	17,5	83	32	6,2	-
57	12/02	31,1	17,7	84	30	...	-
58	13/02	30,3	18,4	84	35	...	-
59	14/02	22,7	20,6	93	80	...	-
60	15/02	30,2	19,0	92	35	...	30,2
61	16/02	30,1	17,3	88	37	...	-
62	17/02	31,7	18,2	87	28	6,0	-
63	18/02	32,7	19,6	78	23	6,3	-
64	19/02	33,2	19,2	87	30	0,2	-
65	20/02	33,2	19,1	87	40	...	10,2
66	21/02	28,2	19,6	73	44	3,2	-
67	22/02	27,3	17,9	93	57	...	-
68	23/02	23,8	17,2	93	53	...	37,1
69	24/02	25,8	17,8	85	46	...	2,5
70	25/02	23,8	15,7	84	58	...	4,9
71	26/02	30,1	16,4	78	33	...	28,4
72	27/02	31,1	16,4	80	30	...	-
73	28/02	31,1	16,1	80	27	4,0	9,1
74	29/02	30,2	17,5	79	33	5,6	-
75	01/03	30,1	17,8	79	35	4,3	-
76	02/03	32,2	18,4	76	30	5,6	-
77	03/03	...	...	...	...	...	-
78	04/03	32,0	18,2	86	34	5,0	24,8
79	05/03	25,8	18,4	77	47	2,8	-
80	06/03	25,5	17,7	82	52	-0,2	-
81	07/03	29,4	18,8	83	35	4,7	2,3
82	08/03	31,8	19,2	73	32	3,9	-

**APÊNDICE D – Valores diários de temperatura máxima ( $T_{\max}$ , °C) e mínima ( $T_{\min}$ , °C), umidade relativa do ar máxima ( $UR_{\max}$ , %) e mínima ( $UR_{\min}$ , %), evaporação do tanque classe A (ECA, mm) e chuva (C, mm) (Experimento 3)**

(conclusão)

2003							
DAE <sup>(1)</sup>	Data	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$UR_{\max}$	$UR_{\min}$	ECA	C
83	09/03	32,2	20,0	71	27	5,5	-
84	10/03	33,5	19,7	74	28	...	-
85	11/03	30,8	18,8	74	29	6,1	18,9
86	12/03	23,9	18,0	72	52	1,9	-
87	13/03	29,9	18,0	72	37	4,5	-
88	14/03	29,9	18,0	82	37	...	-
89	15/03	29,7	17,3	85	33	1,0	16
90	16/03	33,0	17,1	80	32	1,0	-
91	17/03	28,8	16,3	77	34	...	-
92	18/03	30,0	17,1	77	33	6,5	-
93	19/03	30,0	16,6	83	33	...	-
94	20/03	27,7	16,4	83	38	5,8	42,5
95	21/03	27,0	13,6	78	34	4,2	-
96	22/03	26,2	14,1	79	28	5,5	-
97	23/03	25,5	13,2	81	33	3,5	-
98	24/03	27,5	12,9	81	30	5,0	-
99	25/03	28,2	13,6	81	29	5,0	-
100	26/03	27,5	14,0	80	30	2,2	-
101	27/03	29,0	16,0	77	26	3,7	-
102	28/03	29,8	15,5	71	27	3,5	-

Nota: Sinais convencionais utilizados:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

... dado numérico não disponível.

<sup>(1)</sup> Dias após estaquia.

**APÊNDICE E – Valores diários da lâmina irrigada sobre o dossel ( $L_I$ ) nos quatro níveis de manejo hídrico (Experimento 1)**

DAE (1)	Lâmina irrigada (mm)				DAE (1)	Lâmina irrigada (mm)			
	H0	H1	H2	H3		H0	H1	H2	H3
42	-	-	-	-	70	8,22	5,80	3,11	1,41
43	-	-	-	-	71	5,48	3,87	2,07	0,94
44	-	-	-	-	72	8,22	5,80	3,11	1,41
45	-	-	-	-	73	8,22	5,80	3,11	1,41
46	-	-	-	-	74	9,31	6,84	3,94	2,17
47	3,15	2,32	1,35	0,75	75	8,22	5,80	3,11	1,41
48	10,27	7,74	4,66	2,83	76	8,22	5,80	3,11	1,41
49	6,85	5,16	3,11	1,41	77	8,22	5,80	3,11	1,41
50	3,42	2,58	1,55	0,94	78	8,22	5,80	3,11	1,41
51	6,85	5,16	3,11	1,88	79	8,22	5,80	3,11	1,41
52	10,27	7,74	4,66	2,83	80	5,48	3,87	2,07	0,94
53	10,96	8,38	5,18	3,30	81	-	-	-	-
54	9,59	7,09	4,14	2,36	82	-	-	-	-
55	10,41	7,87	4,77	2,92	83	-	-	-	-
56	11,64	9,03	5,70	3,77	84	-	-	-	-
57	11,37	8,77	5,49	3,58	85	-	-	-	-
58	10,41	7,87	4,77	2,92	86	-	-	-	-
59	9,59	7,09	4,14	2,36	87	5,48	3,87	2,07	0,94
60	2,74	1,93	1,04	0,47	88	5,48	3,87	2,07	0,94
61	-	-	-	-	89	8,22	5,80	3,11	1,41
62	5,48	3,87	2,07	0,94	90	5,48	3,87	2,07	0,94
63	-	-	-	-	91	5,48	3,87	2,07	0,94
64	5,48	3,87	2,07	0,94	92	8,22	5,80	3,11	1,41
65	5,48	3,87	2,07	0,94	93	2,74	1,93	1,04	0,47
66	8,22	5,80	3,11	1,41	94	5,48	3,87	2,07	0,94
67	-	-	-	-	95	-	-	-	-
68	5,48	3,87	2,07	0,94	96	-	-	-	-
69	8,22	5,80	3,11	1,41	97	4,11	3,87	3,11	2,83

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

(1) Dias após estaquia.



**APÊNDICE F – Valores diários da lâmina irrigada sobre o dossel ( $L_I$ ) nos quatro níveis de manejo hídrico (Experimento 2)**

DAE ( <sup>1</sup> )	Lâmina irrigada (mm)				DAE ( <sup>1</sup> )	Lâmina irrigada (mm)			
	H0	H1	H2	H3		H0	H1	H2	H3
42	2,74	2,58	2,07	1,88	70	8,22	5,80	3,11	1,41
43	8,22	5,80	3,11	1,41	71	8,22	5,80	3,11	1,41
44	5,48	3,87	2,07	0,94	72	8,22	5,80	3,11	1,41
45	-	-	-	-	73	8,22	5,80	3,11	1,41
46	8,22	5,80	3,11	1,41	74	8,22	5,80	3,11	1,41
47	-	-	-	-	75	8,22	5,80	3,11	1,41
48	8,22	5,80	3,11	1,41	76	8,22	5,80	3,11	1,41
49	5,48	3,87	2,07	0,94	77	8,22	5,80	3,11	1,41
50	5,48	3,87	2,07	0,94	78	2,74	1,93	1,04	0,47
51	5,48	3,87	2,07	0,94	79	5,48	3,87	2,07	0,94
52	-	-	-	-	80	5,48	3,87	2,07	0,94
53	-	-	-	-	81	8,22	5,80	3,11	1,41
54	8,22	5,80	3,11	1,41	82	8,22	5,80	3,11	1,41
55	8,22	5,80	3,11	1,41	83	8,22	5,80	3,11	1,41
56	8,22	5,80	3,11	1,41	84	8,22	5,80	3,11	1,41
57	8,22	5,80	3,11	1,41	85	2,74	1,93	1,04	0,47
58	8,22	5,80	3,11	1,41	86	5,48	3,87	2,07	0,94
59	8,22	5,80	3,11	1,41	87	8,22	5,80	3,11	1,41
60	8,22	5,80	3,11	1,41	88	5,48	4,51	3,11	2,36
61	8,22	5,80	3,11	1,41	89	8,22	5,80	3,11	1,41
62	8,22	5,80	3,11	1,41	90	8,22	5,80	3,11	1,41
63	8,22	5,80	3,11	1,41	91	8,22	5,80	3,11	1,41
64	8,22	5,80	3,11	1,41	92	8,22	5,80	3,11	1,41
65	8,22	5,80	3,11	1,41	93	8,22	5,80	3,11	1,41
66	8,22	5,55	3,11	1,60	94	8,22	5,80	3,11	1,41
67	8,22	5,80	3,11	1,41	95	8,22	5,80	3,11	1,41
68	8,22	5,80	3,11	1,41	96	8,22	5,80	3,11	1,41
69	8,22	5,80	3,11	1,41	97	8,22	5,80	3,11	1,41

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

(<sup>1</sup>) Dias após estaquia.

**APÊNDICE G – Valores diários da lâmina irrigada sobre o dossel ( $L_I$ ) nos quatro níveis de manejo hídrico (Experimento 3)**

DAE <sup>(1)</sup>	Lâmina irrigada (mm)				DAE <sup>(1)</sup>	Lâmina irrigada (mm)			
	H0	H1	H2	H3		H0	H1	H2	H3
46	5,48	3,87	2,07	0,94	74	8,22	5,80	3,11	1,41
47	8,22	5,80	3,11	1,41	75	8,22	5,80	3,11	1,41
48	8,22	5,80	3,11	1,41	76	8,22	5,80	3,11	1,41
49	8,22	5,80	3,11	1,41	77	8,22	5,80	3,11	1,41
50	8,22	5,80	3,11	1,41	78	5,48	3,87	2,07	0,94
51	8,22	5,80	3,11	1,41	79	-	-	-	-
52	8,22	5,80	3,11	1,41	80	8,22	5,80	3,11	1,41
53	8,35	5,93	3,21	1,51	81	8,22	5,80	3,11	1,41
54	8,22	5,80	3,11	1,41	82	8,22	5,80	3,11	1,41
55	8,22	5,80	3,11	1,41	83	8,22	5,80	3,11	1,41
56	8,35	5,93	3,21	1,41	84	8,22	5,80	3,11	1,41
57	8,22	5,80	3,11	1,41	85	8,22	5,80	3,11	1,41
58	8,22	5,80	3,11	1,41	86	8,22	5,80	3,11	1,41
59	8,22	5,80	3,11	1,41	87	8,22	5,80	3,11	1,41
60	2,74	1,93	1,04	0,47	88	8,22	5,80	3,11	1,41
61	5,48	3,87	2,07	0,94	89	2,74	1,93	1,04	0,47
62	8,22	5,80	3,11	1,41	90	8,22	5,80	3,11	1,41
63	8,22	5,80	3,11	1,41	91	8,22	5,80	3,11	1,41
64	8,22	5,80	3,11	1,41	92	5,48	3,87	2,07	0,94
65	8,22	5,80	3,11	1,41	93	8,22	5,80	3,11	1,41
66	5,48	3,87	2,07	0,94	94	5,48	3,87	2,07	0,94
67	8,22	5,80	3,11	1,41	95	8,22	5,80	3,11	1,41
68	5,48	3,87	2,07	0,94	96	8,22	5,80	3,11	1,41
69	-	-	-	-	97	8,22	5,80	3,11	1,41
70	8,22	5,80	3,11	1,41	98	8,22	5,80	3,11	1,41
71	-	-	-	-	99	8,22	5,80	3,11	1,41
72	5,48	3,87	2,07	0,94	100	8,22	5,80	3,11	1,41
73	8,22	5,80	3,11	1,41	101	8,22	5,80	3,11	1,41

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

<sup>(1)</sup> Dias após estaquia.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)