

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE BROTOS E MUDAS DE  
QUATRO CLONES DE *Eucalyptus* spp**

**NEIDE TOMITA MORI**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Doutor em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP  
Abril - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE BROTOS E MUDAS DE  
QUATRO CLONES DE *Eucalyptus* spp**

**NEIDE TOMITA MORI**

Orientadora: Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva  
Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Catarina Catâneo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Doutor em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP  
Abril – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M854m Mori, Neide Tomita, 1957-  
Manejo hídrico na produção de brotos e mudas de quatro clones de *Eucalyptus* spp / Neide Tomita Mori. - Botucatu : [s.n.], 2014  
xii, 66 f. : fots. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014  
Orientador: Magali Ribeiro da Silva  
Coorientador: Ana Catarina Catâneo  
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Irrigação. 2. Eucalipto - Produção de mudas em tubetes. 3. Eucalipto - Genética. 4. Viveiro de mudas. I. Silva, Magali Ribeiro da. II. Catâneo, Ana Catarina. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

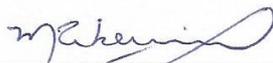
TÍTULO: “MANEJO HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE BROTOS E MUDAS DE QUATRO CLONES DE *Eucalyptus* spp.”

ALUNA: NEIDE TOMITA MORI

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

COORIENTADORA: PROFA. DRA. ANA CATARINA CATÂNEO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA



PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI



PROF. DR. ISAAC STRINGUETA MACHADO



PROF. DR. CANTÍDIO FERNANDO GOUVÊA



PROFA. DRA. GISELA FERREIRA

Data da Realização: 30 de maio de 2014.

**Dedico**

A todos que gostam de aprender

## AGRADECIMENTOS

Ao Criador.

E a toda a sua criação, as quais nos emprestam toda a essência para a uma vida melhor, mas que muitas vezes não sabemos apreciar.

Aos queridos filhos, Otavio, Gisele e Augusto, ao neto Isaac e ao meu grande amigo e companheiro Edson pela paciência, e ajuda.

Agradeço a Professora e Orientadora Magali pela sua compreensão, confiança e orientação.

Agradeço a Professora Ana Catarina por sua ajuda nas análises de laboratório.

A todos do viveiro.

Ao Otávio, Edson, Claudinho e Ewania pela ajuda na implantação do jardim clonal.

Ao viveiro Angicos pelas mudas cedidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida.

## SUMÁRIO

	Página
<b>SUMÁRIO</b> .....	V
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	VII
<b>LISTA DE FIGURA</b> .....	X
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	3
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	8
2.1 Manejo hídrico em viveiros florestais.....	8
2.2 O gênero <i>Eucalyptus</i> .....	9
2.3 Produção de mudas clonais.....	11
2.4 Avaliação de mudas: características morfológicas.....	13
2.5 Avaliação de mudas: características fisiológicas.....	15
2.6 Avaliação de mudas: características bioquímicas.....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1 Local da pesquisa.....	20
3.2 Material genético.....	21
3.3 Experimentos.....	21
3.3.1 Experimentos A1 e A2: Manejo hídrico no jardim clonal.....	22
3.3.1.1 Formação do jardim clonal.....	22
3.3.1.2 Avaliações dos Experimentos A1 e A2.....	25
a) Substrato (areia do canaleta).....	25
b) Plantas.....	27
b.1) Avaliações fisiológicas.....	28
b.2) Avaliações bioquímicas.....	28
3.3.2 Experimentos B1 e B2- Manejo hídrico na produção de mudas.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1 Manejo hídrico no jardim clonal.....	32

4.1.1 Experimento A1: lâminas de irrigação (4, 7 e 10 mm).....	32
4.1.2 Experimento A2: lâminas de irrigação (2,5, 4,5 e 6,5 mm).....	39
4.2 Manejo hídrico na produção de mudas .....	44
4.2.1 Experimento B1 .....	44
4.2.2 Experimento B2 .....	53
5 CONCLUSÕES.....	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Dados climatológicos médios mensais durante o período de desenvolvimento da pesquisa.....	21
Tabela 2. Curva de retenção de água pela da areia utilizada dos canaletes do jardim clonal.....	25
Tabela 3. Umidade do substrato dos canaletes do Experimento A1.....	26
Tabela 4. Umidade do substrato dos canaletes do Experimento A2.....	26
Tabela 5. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em dezembro/2011.....	33
Tabela 6. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em janeiro/2012.....	33
Tabela 7. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, fevereiro/2012.....	34
Tabela 8. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em março/2012.....	34
Tabela 9. Diferentes lâminas de água e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde para os meses de dezembro de 2011, janeiro, fevereiro e março de 2012.....	35
Tabela 10. Diferentes clones e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Dezembro (2011), Janeiro, Fevereiro e Março (2012).....	36
Tabela 11. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados	

brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em clones, em abril de 2012.....	39.....34
Tabela 12. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em quatro clones, em junho de 2012.....	40
Tabela 13. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em quatro clones, em Agosto de 2012.....	40
Tabela 14. Diferentes lâminas de água e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Abril, Junho e agosto de (2012).....	41
Tabela 15. Diferentes clones e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Abril, Junho e Agosto de 2012.....	42
Tabela 16. Atividade da enzima POD (Peroxidase).....	44
Tabela 17. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para altura (H), diâmetro (D) e índice de qualidade de dickison (IQD) e massa seca de raiz (MSR).....	45
Tabela 18. Alturas médias de mudas clonais de eucalipto aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal e na produção das mudas.....	46
Tabela 19. Interação entre as lâminas do viveiro e do jardim clonal para a altura de plantas.....	47
Tabela 20. Diâmetros médios de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp, aos 90 dias após estaqueamento, em função de diferentes lâminas de irrigação no viveiro.....	47
Tabela 21. Interação dos clones com as lâminas do viveiro e a interação dos clones com as lâminas do jardim clonal para massa seca raiz.....	48
Tabela 22. Valores de IQD médios de mudas clonais de eucalipto, aos 90 dias, após estaqueamento, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.....	48

Tabela 23. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para altura (H), diâmetro (D) e qualidade de raiz (QR).....	49
Tabela 24. Alturas médias de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal e produção de mudas.....	50
Tabela 25. Diâmetros (cm) médios de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp, aos 90 dias após estaqueamento, em função de diferentes lâminas de irrigação no Jardim Clonal.....	51
Tabela 26. Qualidade do sistema radicular de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal estequeamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal.....	52

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
Figura 1. Esquema dos experimentos desde a formação do jardim clonal (A1 e A2) até a produção da muda no viveiro (B1 e B2).....	24
Figura 2. Jardim clonal mostrando detalhes dos vasos coletores (lixiviado).....	26
Figura 3. Enraizamento das estacas na casa de vegetação.....	27
Figura 4. Qualidade das raízes no substrato.....	31
Figura 5. Porcentagem de enraizamento dos quatro clones em função das lâminas de irrigação aplicadas no jardim clonal, em março/2012.....	38
Figura 6. Porcentagem de enraizamento dos quatro clones em função das lâminas de irrigação aplicadas no jardim clonal, em maio/2012.....	43
Figura 7. Atividade da enzima POD para os diferentes clones e lâminas de irrigação.....	44
Figura 8. Histograma dos valores de IQD médios de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp, aos 90 dias após estaqueamento, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.	49

**MANEJO HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE BROTOS E MUDAS DE QUATRO CLONES DE *Eucalyptus spp***: Botucatu, 2014. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista

Autor: NEIDE TOMITA MORI

Orientadora: Profa. Dra. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Co-orientadora: Profa. Dra. ANA CATARINA CATANEO

## **RESUMO**

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de manejos hídricos em jardim clonal e na produção das mudas de quatro clones híbridos de eucalipto. O estudo constituiu de quatro experimentos, sendo dois no jardim clonal (A1 e A2) e dois na produção de mudas (B1 e B2). Em todos os experimentos foram testados os quatro clones híbridos de *Eucalyptus* (clone 1: híbrido espontâneo de *E. urophylla* – clone 144; clone 2: híbrido espontâneo de *E. urophylla* – clone 224; clone 3: *E. grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277 e clone 4: *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* - A08). Os experimentos foram implantados em blocos casualizados e três repetições. No Experimento A1 foi utilizado o esquema fatorial 3x4, composto por três lâminas de irrigação (4, 7 e 10 mm) e quatro clones. No Experimento A2 utilizou-se o fatorial 3x4, composto por três lâminas de irrigação (2,5, 4,5 e 6,5 mm) e quatro clones. O experimento B1 foi em fatorial 3x2x4, com três lâminas (4, 7 e 10mm) aplicadas no jardim clonal, duas lâminas na produção das mudas (8 e 11 mm) e quatro clones. O experimento B2 foi em esquema fatorial 3x2x4, sendo três lâminas de irrigação (8, 11 e 14 mm), duas frequências de irrigação e os quatro clones. No jardim clonal foram avaliados, as características morfológicas, fisiológicas e a bioquímica e na produção de mudas, as características morfológicas da parte aérea e da raiz. Nos experimentos do jardim clonal (A1 e A2), as lâminas de 4 a 10mm não influenciaram na quantidade de brotos, na massa seca e no índice de cor verde das mudas; mas os clones se comportaram diferentemente quando expostos a essas lâminas do jardim clonal. A lâmina de 2,5mm não é recomendada para uso em jardim clonal, pois comprometeu a produção de brotos de todos os clones e apresentou maior atividade da enzima peroxidase, que está ligada a situações de estresse. Nos experimentos de produção

de mudas (B1 e B2), as mudas que melhores se desenvolveram em altura e diâmetro foram as dos clones oriundos de híbridos de *E. urophylla*. Mudas produzidas por cepas tratadas com menores lâminas de água (2,5 e 4,0mm) no jardim clonal devem ser cultivadas em menores lâminas de água (8mm) no viveiro, pois mostraram melhor desenvolvimento. Um manejo de irrigação setorizado nos viveiros de mudas clonais de *Eucalyptus* é essencial ser implantado em viveiros que cultivam clones diferentes.

---

**Palavras-chave:** viveiro; eucalipto; irrigação.

**HYDRIC MANAGEMENT ON THE PRODUCTION OF SPROUTS AND SEEDLINGS OF FOUR *Eucalyptus* spp CLONES:** Botucatu, 2014. 78p. (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: NEIDE TOMITA MORI

Adviser: Prof. Dr. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Co-Adviser: Prof. Dr. ANA CATARINA CATANEO

### **SUMMARY**

The present work had as objective to evaluate the morphological, physiological, and biochemical traits of sprouts and seedlings for four eucalypt clones under different irrigation management. The study was compounded by four experiments, where two of them were on clonal garden (A1 and A2) and two for seedling production on nursery (B1 and B2). In all experiments were studied eucalypt hybrid clones (clone 1: spontaneous hybrid of *E. urophylla* – clones 144; clone 2: spontaneous hybrid of *E. urophylla* – clones 224; clone 3: *E. grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277, and clone 4: *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* - A08). The design of randomized blocks with tree replications was used for all experiments. The Experiment A1 was set up by 3x4 factorial scheme of three water laminas (4, 7, and 10mm) and four clones. The Experiment A2 was similar to A1, with water laminas of 2.5, 4.5, and 6.5 mm. The Experiment B1 for seedling production was set up by 3x2x4 factorial scheme, considering two irrigation laminas (8 and 11 mm) and four clones. The Experiment B2 was set up through 3x2x4 factorial scheme, considering three irrigation laminas (8, 11, and 14mm), two irrigation frequencies (twice and four times per day), and four clones. We evaluated the substrate leached, evapotranspiration, and morphological, physiological, and biochemical traits in clonal garden experiments. Into the seedling production experiments, were evaluated the morphological traits of aerial parts and roots. Into the clonal garden experiments (A1 and A2), the laminas of 4 and 10 mm did not affect the sprout quantity, dry matter, and green color index of seedlings; and the clones showed different performance when under those laminas. The lamina of 2.5 mm is not recommended for uses on clonal garden, because it influenced on sprout production of all clones and presented high peroxidase enzyme

activity. That enzyme is related to stress situations. Into the seedling production experiments (B1 and B2) the seedlings which presented good development of height and diameter were from clones originated by *E. urophylla* hybrids. Seedlings made from clonal garden sprouts of the lowest laminas (2.5 and 4.0 mm) should be cultivated under low laminas into the nursery; because seedlings under low nursery laminas presented the better development than under the others. An irrigation management by sectors in *Eucalyptus* clonal nursery is essential to be used in nurseries which produce different clones.

---

**Keywords:** nursery; eucalypts; laminas; seedlings

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, país privilegiado quanto aos seus recursos hídricos, atravessa momentos de inconstâncias climáticas, ocorrendo secas em certos locais e alagamentos em outros, alertando-se, então, para a prática de medidas de prevenção e de conservação dos recursos hídricos. A Lei 9433/97, conhecida por Lei das Águas, envolve os cidadãos a tomarem iniciativas em projetos de gerenciamento, conservação e proteção dos recursos hídricos brasileiros, fazendo com que a sociedade avance na conscientização da preservação ambiental e do uso racional da água (BEESON; KNOX, 2003).

No entanto, devido a fatores como o crescimento populacional, a crescente implantação das indústrias, os desmatamentos desregrados em encostas, a crescente eliminação de efluentes nas áreas urbanas, a má conservação de solos, acabam acarretando perdas e diminuição na qualidade da água dos mananciais abastecedores dos grandes centros urbanos (MODNA et al, 2010). Estes fatores, associados à má distribuição anual de chuvas e às características climáticas, levam a danos nos recursos hídricos, esgotando suas fontes.

Além dos problemas citados, os recursos hídricos são manejados de forma, muitas vezes, inadequada utilizando-os em demasia e gerando grandes desperdícios (HAMAN et al., 2003).

No caso dos viveiros florestais constatam-se grandes desperdícios de volumes de água, que poderiam se reutilizar em circuito fechado e diminuindo o consumo de água em 30% (WARREN; BILDERBAC, 2005), além de diminuir em cerca de 50% o uso de fertilizantes (MACHADO, 2011).

O consumo de água na produção de mudas em viveiro, com produção anual de 12 milhões de mudas, utiliza em média 600 m<sup>3</sup> /dia. Nos minijardins clonais, o volume drenado (excesso) nos canaletes é cerca de 40% do total aplicado (SANTOS; CARLESSO, 1998). A irrigação, tanto no excesso, quanto na falta, é prejudicial às plantas, pois além de lixiviar os nutrientes, no caso de excesso, ou de saturar o solo no caso de falta de água, elevando o E. C. do solo, deixando o solo salino, prejudicando o crescimento das mudas (BAURLE et al., 2002).

Muitas plantas podem apresentar capacidade de tolerância ao déficit hídrico, e para isso, usam como mecanismo intrínseco da espécie a diminuição de seu potencial osmótico (CHAVES et al., 2003), no entanto, muitas não possuem essa capacidade e são classificadas de acordo com o seu mecanismo para suportar o déficit hídrico por meio do ajustamento osmótico (TURNER, 1997), que garante às plantas a turgescência das células, permitindo a abertura e o fechamento dos estômatos, possibilitando a fotossíntese, mesmo em condições de baixo potencial hídrico (FUNKHOUSER; NEWTON, 1994). Por esta razão, é importante escolher plantas de acordo com sua tolerância, tanto aos fatores abióticos, quanto aos bióticos, obtendo condições para resistir (STRECK, 2002), evitando futuros prejuízos.

Os trabalhos envolvendo a melhoria do processo de qualidade da produção de mudas em condições de déficit hídrico são importantes, uma vez que estamos enfrentando mudanças climáticas, tendo áreas com muita concentração em precipitação pluviométrica e outras com pouca precipitação pluviométrica (FLEXAS et al., 2004), no entanto, pouco se faz com o propósito de racionalizar a utilização da água. É necessário procurar sempre o uso racional destes recursos e entre eles os manejos que otimizem o uso da água na produção de mudas florestais, etapa de essencial importância, pois o sucesso das plantações, tanto para os propósitos comerciais ou para fins de restauração de povoamentos florestais naturais, é diretamente dependente da boa qualidade das mudas (BARROSO et al., 2000; CLEWELL; RIEGER, 1997).

Portanto, o trabalho se baseou na hipótese de que, como é natural existirem diferenças nas demandas hídricas para as diferentes espécies e clones de

eucalipto, é importante procurar utilizar racionalmente a água para cada um dos diferentes genótipos em viveiros de mudas. Desta forma, é essencial conhecer o comportamento de genótipos frente às diferentes lâminas de água em jardins clonais e em viveiros de mudas, sem prejuízos na produção e qualidade de mudas clonais.

Para responder a esta hipótese, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de manejos hídricos em jardim clonal e na produção das mudas, através de características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das brotações e das mudas de quatro clones híbridos de eucalipto.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manejo hídrico em viveiros florestais

Nos viveiros florestais o sistema de irrigação utilizado, de um modo geral, são os de aspersão, microaspersão e gotejamento, de fácil manejo, uma vez que são automatizados, permitindo regulagens para cada tipo de substrato utilizado.

Substratos, tais como casca de arroz e areia, que são aqueles que têm menor capacidade de retenção de água, a irrigação deve ser mais frequente, do que aqueles que são compostos por material orgânico ou terra argilosa.

Adequar o manejo hídrico e nutricional através da setorização no viveiro, contribui para a uma redução de volume de água e fertilizantes usados, além da diminuição do impacto negativo causado ao meio ambiente, pois tanto a escassez de água, como o seu excesso são fatores limitante na produção de mudas (LOPES et al., 2007).

Nesse sentido, estudos sobre a produção de mudas clonais de *Eucalyptus* envolvendo gradientes de níveis de irrigação, com conhecimento de demanda hídrica para cada espécie (BEESON; KNOX, 2003) são importantes. Poucos são aqueles que envolvem análises fisiológicas, pesquisando as mudanças no comportamento dos estômatos, dos cloroplastos, dos processos de fotossíntese e respiração, que são informações essenciais para o manejo da produção das mudas.

Atualmente, na maioria das vezes, a produção de mudas é avaliada somente por características morfológicas atribuindo-se uma avaliação física das mudas, seguindo alguns critérios de seleção para seu plantio em campo (FONSECA, 2002), no entanto se faz necessário mais estudos dessa natureza, com outras avaliações as quais são imprescindíveis na produção de mudas florestais, tanto para os programas de produção comercial, como também para serem usados em programas de conservação em face das acentuadas mudanças climáticas que vêm ocorrendo, procurando sempre a otimização dos recursos hídricos. O regime hídrico a se adotar em viveiros é de essencial importância, pois a produção de mudas vai resultar em dados que podem ser favoráveis ou desfavoráveis, em termos de qualidade de mudas e produção, que podem acarretar em custos e prejuízos (MORAES et al, 2012).

## 2.2 O gênero *Eucalyptus*

Os eucaliptos pertencem à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae e ao gênero *Eucalyptus*. Hoje se tem conhecimento de cerca de 900 espécies (BOLAND et al., 2006), quase todas nativas da Austrália, exceto as espécies *E. urophylla* e *E. deglupta*.

O gênero *Eucalyptus* está subdividido em oito sub-gêneros, os quais apenas três têm interesse comercial no Brasil: *Monocalyptus*, *Corymbia* e *Symphyomyrtus* (PRYOR, 1971). Segundo o mesmo autor, a importância do conhecimento dessa classificação reside no fato de a mesma definir a capacidade de hibridação entre os grupos de espécies. Não existe hibridação entre espécies de diferentes subgêneros, que parecem estar completamente isolados geneticamente.

O gênero *Eucalyptus* é rústico e suporta ser cultivado em solos de baixa fertilidade, mas apresenta restrições quanto à sobrevivência e deficiência hídrica no solo, aliada a altas temperaturas e radiações (FLEXAS; MEDRANO, 2002). Cada espécie responde diferentemente a falta de água. White et al., (2000) identificaram contrastantes respostas de quatro espécies de *Eucalyptus* na estação de estresse por déficit hídrico no campo, sendo que o *E. camaldulensis* e o *E. saligna* tentavam suprir a falta de água aprofundando suas raízes, o *E. lecoxylon* e o *E. platypus* diminuía o potencial osmótico,

que é comum para espécies de *Eucalyptus* e muito usado para diferenciar os mais adaptados a condições de seca.

No entanto, como os procedimentos de medições mudaram muito, as comparações de avaliação da aclimatação dos *Eucalyptus* a baixos níveis de água foram prejudicadas (CHAVES et al, 2004), e também por terem sido estudadas somente algumas espécies. Apesar dessa limitação do uso da técnica, sabe-se que a diminuição do potencial osmótico de -0,2 a -0,8 MPa é bastante comum para as espécies de *Eucalyptus* (PRYOR et al.,1997; WHITE et al, 2000), mas são necessários mais estudos sobre os problemas do déficit hídrico nas plantas (CHAVES et al., 2003).

O *Eucalyptus urophylla* é natural da Indonésia, das ilhas de Timor, de Flores e de outras do arquipélago indonésiano, entre as latitudes compreendidas entre 7°30' e 10°S e entre 400 e 3000 m de altitude, com precipitação pluviométrica média anual de 1.000 a 1.500 mm, concentrada no verão. O período seco não ultrapassa quatro meses e a temperatura média das máximas do mês mais quente está em torno de 29°C e das mínimas do mês mais frio, entre 8 e 12°C. As geadas podem ocorrer em alguns dias do ano, nas zonas de maior altitude; é resistente ao déficit hídrico, o que o tornou significativamente importante para os programas de melhoramento genético, além de que é resistente ao cancro e mostra alta produtividade em cultivo no Brasil (FERREIRA, 1989); cresce menos que o *E. grandis*, porém tem boa regeneração por brotação (CHAVES et al., 2004).

O *Eucalyptus grandis* é nativo da costa leste da Austrália, apresenta rápido crescimento, variando de 40 m até 55 m de altura, e cujo DAP pode variar de 120 a 180cm, de clima subtropical úmido, cuja temperatura mínima é de 2-10°C e máxima de 29°C. Sua distribuição ocorre de maneira natural no continente Australiano, desde New Castle, a 32°35' S de latitude até 15°17' S em Atherton, Queensland, com distribuição de chuvas em torno de 1600-1800 mm de média anual. É uma espécie não tolerante a seca (NIELSEN, 1998), sendo uma das mais importantes espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil. É uma espécie recomendada principalmente para celulose e papel, construção civil, e tem maior crescimento e rendimento volumétrico sendo que a sua qualidade da madeira aumenta com a duração do ciclo (PALUDZYSZN, 2003).

O *Eucalyptus camaldulensis* Dehn é uma espécie que aprofunda suas raízes a procura do lençol freático para obtenção da água e o fazem por serem adaptadas para a situação, assim como o *E. saligna*, que em caso de estresse hídrico

aprofundam suas raízes, como meio de sobrevivência, outras o fazem mais por diminuição do potencial osmótico (MERCHANT; ADAMS, 2005). É uma espécie que não tolera alta salinidade, perdendo o crescimento em altura com C.E. por volta de  $2\text{mS cm}^{-1}$  (BENYON et al., 1999). Segundo esses autores, a sua distribuição natural na Austrália ocorre em condições pluviométricas que variam de 150-1100 mm anual, suportando de 4 a 8 meses sem chuvas. As árvores chegam a atingir alturas de 45 m e com 90 - 210 mm de diâmetro; é espécie de clima tropical e subtropical cujas temperaturas podem variar entre 8 a  $36^{\circ}\text{C}$ , com altitude que variam de 0-2000m, e é recomendada para regiões com déficit hídrico anual elevado. Seu uso é apropriado para fins energético, serraria, postes, dormentes, construções (PALUDZYSZN, 2003; DEL QUIQUI et al., 2001) e óleo (FARAH et al., 2002).

Cada espécie responde diferentemente a falta de água, o qual dependerá também de fatores bióticos ou abióticos, assim como está também relacionada ao manejo e material genético de cada gênero, por exemplo o *E. urophylla* e *E. camaldulensis* possuem melhor controle estomático do que *E. pellita*, influenciando nas brotações, além de apresentarem grande quantidade de raízes ramificadas e profundas. Apesar do número de estômatos no *E. camaldulensis* ser maior devido a maior extensão de área foliar, a condutância estomática é maior e por causa desse aspecto, quando falta a água nas brotações, desenvolve-se um intenso processo respiratório, com grande consumo das reservas, prejudicando o desenvolvimento dos brotos (REIS; HALL, 1987; MAYERS, 2013).

As brotações dependem diretamente do mecanismo da capacidade da planta em absorver e perder água implicando no crescimento e na qualidade da muda (GOMES et al, 2002).

### **2.3 Produção de Mudanças Clonais**

A clonagem é o meio mais rápido e eficaz na produção de mudas de espécies florestais, obtendo indivíduos de alta qualidade com valores genéticos superiores aos obtidos por sementes (SOUZA; JUNGHANS, 2006). A grande vantagem é que os indivíduos superiores podem ser multiplicados já na primeira geração, obtendo-se ganhos rápidos e mantendo as características genéticas desejáveis.

Desde a introdução da propagação clonal de eucalipto no Brasil, na década de 1970, com a vinda da estaquia, de onde depois se derivou para a miniestaquia, houve a possibilidade de melhor controle de doenças e proporcionou a manutenção das características desejáveis para o manejo e o melhoramento das espécies de eucalipto no Brasil. Os brotos das árvores selecionadas são levados para produção de mudas para compor o minijardim clonal (ASSIS, 1996). Estes brotos depois de enraizados, passam por uma poda de condução para adequação da altura e a partir daí são chamadas de cepas. Destas cepas se originam os brotos ou miniestacas, com comprimento de 3-7 cm, um par de folhas, que podem ter sua área foliar reduzida para evitar a transpiração.

De acordo com Wendling et al. (2002), a miniestaquia é uma técnica derivada da estaquia convencional, onde se utilizam as brotações de plantas clonadas, fazendo-se a poda do ápice das brotações da estaca enraizada, em intervalos regulares de acordo com o período do ano, quer seja inverno ou verão. Se no verão, as podas podem ser feitas em intervalos menores, e no inverno em intervalos maiores, pois no geral há uma diminuição das brotações nesse período, dependendo do genótipo da estaca (FONSECA et al., 2010).

Portanto, o processo da miniestaquia se inicia com a obtenção de brotos, onde as miniestacas terão de 3 a 7 cm de comprimento, e deixadas com dois a três pares de folhas, acondicionadas em recipiente com água até chegar ao local onde se procede ao enraizamento sem, no entanto, perder o turgor (mini jardim clonal), dando procedimento ao enraizamento (em casa de vegetação com umidade superior a 80% e temperaturas altas de 28°C), a fase da aclimação (em casa de sombra com tela de sombreamento de 50%) e a fase de crescimento e rustificação, em áreas a pleno sol (ALFENAS et al., 2004).

O minijardim é composto por canaletes de fibro-cimento ou de concreto dispostos numa altura que facilite a coleta (HIGASHI; GONÇALVES, 2000), preenchida com areia e utilizando mais usualmente a fertirrigação por gotejamento. Pode-se chegar a ter alta produtividade, variando conforme a espécie usada, espaçamento, nutrição, época do plantio, tipo de propágulo e etc. (ALFENAS et al., 2004), proporcionando maior controle de fitopatógenos, facilidade nos tratos culturais, pois a área utilizada é bem menor, e maior porcentagem de enraizamento, com uniformidade das brotações além de rejuvenescimento das estacas (HIGASHI; GONÇALVES, 2000).

Esse processo se deu por volta em 1990, onde a clonagem abriu novas perspectivas na produção de mudas, facilitando o processo de produção, que muitas vezes eram feitas em campo, e passando a ocupar instalações mais elaboradas, como laboratórios e jardins suspensos. A implantação de jardins clonais, além de reduzir custos e facilitar o manejo, mostra o grande progresso que ocorreu na produção de mudas comerciais e de boa qualidade, com economia de tempo e espaço (ASSIS et al., 1996).

#### **2.4 Avaliação de mudas: características morfológicas**

Os caracteres morfológicos são muito utilizados na avaliação da qualidade de mudas; dependem do tipo de manejo usado e da adequação das melhores condições para um bom desenvolvimento das mudas (SIMPSON, 1990; JACOBS et al., 2005; ELOY, 2013). A performance das mudas é imprescindível para um bom desempenho de sobrevivência em campo (McKAY, 1997; DAVIS; JACOBS, 2005). Mudas de boa qualidade são aquelas que sobrevivem no campo, com adequado crescimento após seu plantio (STAPE et al., 2001, LINDQVIST; ONG, 2005).

De acordo com Wendling et al. (2002), a boa muda, em termos de qualidade, é aquela que se mostra adaptada à mudança de ambiente. Das características que indicam a boa qualidade estão a uniformidade das mudas, a rigidez de suas hastes principais e na região do diâmetro do colo, bom número de folhas, o aspecto visual vigoroso sem apresentar sintomas de deficiência nas folhas, a tonalidade verde, a ausência de estiolamento, de pragas e de doenças, com o sistema radicular e a parte aérea bem desenvolvidos, com a raiz pivotante bem firme no substrato do tubete e com ausência de plantas daninhas no substrato.

Em toda a produção de mudas existe a preocupação em se obter os maiores ganhos possível, sendo que para isso, os esforços em se conseguir uma boa muda é sempre procedimento importante (OLIVO; BUDUBA, 2006; MATISSON, 1997). Alguns autores se baseiam no número de folhas na haste principal da planta (HODGE, 2009) para a avaliação das mudas, outros adotam a relação altura da planta e diâmetro do colo na qualidade de mudas (LOPES et al., 2011) e também a matéria seca como boa característica (AZEVEDO, 2003); de modo que várias são as características utilizadas na avaliação de sua qualidade.

De acordo com Gomes et al. (2002), na avaliação das mudas deve-se considerar o manejo e a idade da muda para avaliação, pois dependendo da idade, algumas características podem ter maior ou menor importância no total da avaliação final da planta em relação ao seu desenvolvimento (MATISSON, 1997).

A altura é uma característica muito utilizada (GOMES; PAIVA, 2004), no entanto, sua eficiência como padrão único de avaliação é questionado (BIRCHLER et al., 1998), pois em algumas situações mais complexas pode levar a erros na avaliação; todavia, é uma característica muito usada pela facilidade de obtenção e sem prejuízo das mudas (GOMES; PAIVA, 2004). Outros autores, como é o caso de Wendling (2010) recomenda como item principal que as mudas tenham alturas entre 20 a 40 cm, para irem ao campo. O diâmetro do colo é também outra característica muito usada e deve ser de 2,0 a 3,5 cm; além de possuírem mais do que três pares de folhas, saudáveis, rústicas e com sistema radicular bem agregado ao substrato, com geotropismo negativo para bom desempenho no campo (STURION; ANTUNES, 2000). Segundo South et al. (1985), o diâmetro do colo é considerado o melhor indicador inicial de crescimento das plantas.

De acordo com Chavasse (1977) e Jacobs et al. (2005), a altura da planta ou o diâmetro do colo isoladamente não são boas características para avaliação da qualidade de mudas. Já a relação entre altura e diâmetro do colo é um bom parâmetro (MASON, 2001). Segundo Gomes e Paiva (2004) esta relação deve ser baixa para conferir maior sobrevivência da muda ao campo. Mitchell et al. (1998) preconizam o diâmetro do colo e a massa seca como indicadores de boa sobrevivência no campo. Azevedo (2003) citou como bom parâmetro de avaliação de qualidade, a relação altura e massa seca, que indica a rusticidade da planta e o quanto está lignificada.

As mudas devem ser rustificadas, por adubação com maior quantidade de potássio para melhorar a lignificação e sua sobrevivência em campo (D'AVILA, et al., 2011).

O IQD (Índice de Qualidade de Dickson) é um parâmetro cientificamente muito usado e recomendado para avaliar a qualidade de mudas. Cruz et al. (2004) utilizaram esse índice para avaliar a qualidade de mudas de *Tabebuia impetiginosa*, Fonseca (2002) para *Trema micranta* e Binotto (2007) para *Pinus*. Segundo Hunt (1990), o IQD deve ser superior a 0,2 para se levar a muda ao campo. Segundo Caldeira et al. (2012) e Mañas et al. (2009), quanto maior o valor de IQD, maior é a qualidade da muda, no entanto, deve-se levar em consideração os custos da produção. Apesar do IQD ser o

parâmetro mais completo na avaliação da qualidade da muda, é muito trabalhoso, e na prática, é comum usar a relação entre a altura de plantas pelo diâmetro do colo, pela facilidade de medição destas características.

Várias são as características e suas relações usadas para avaliar a qualidade de mudas e de acordo com Lopes et al. (2007), a sua qualidade também está ligada ao manejo de produção, bons tratamentos, adubação, substrato e tamanho dos tubetes. De acordo com Barroso et al. (2000), os tubetes reduzem a taxa de crescimento foliar devido ao estresse causado pela restrição radicular; portanto, as avaliações podem ser realizadas por meio de medições físicas em viveiros e quanto maior o número de características levadas em conta, mais confiável será a avaliação (DAVIS; JACOBS, 2005).

Avaliações fisiológicas e bioquímicas podem somar às informações básicas para o entendimento dos processos biológicos da formação das mudas, assunto este, ainda carente de estudos na área. Para se avaliar as mudas para sobrevivência em campo, Barroso et al. (2000) utilizou o potencial de regeneração das raízes em *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, considerando a correlação entre o comprimento total e o surgimento de novas raízes.

## **2.5 Avaliação de mudas: características fisiológicas**

O decréscimo da produção da área foliar pode ser considerado como a primeira reação das plantas em relação ao déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2009); que induz à redução no desenvolvimento das células, na expansão das folhas, na transpiração e na redução e na translocação de assimilados (HSIAO, 1973), além de mostrar fechamento de estômatos, acelerar a senescência e a abscisão das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009). O déficit hídrico causa impacto negativo no desenvolvimento e crescimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996), e induz à diminuição da produção, que pode chegar a 50% (BOYER, 1982), mostrando uma redução no crescimento da raiz, desbalanceando sua relação com a parte aérea (KRAMER; BOYER, 1995). Ocorrem mudanças de comportamento e a resistência da planta vai depender do genótipo de cada indivíduo (CHAVES et al., 2003; SILVA et al., 2008), da duração da agressão, da severidade e do seu estágio de desenvolvimento. Tanto a frequência quanto a intensidade do déficit hídrico estão ligadas aos fatores abióticos que se constituem nos

mais importantes à limitação da produção agrícola mundial (CHAVES, 2009; BRAY et al., 2000).

A fotossíntese e a condutância estomática de espécies arbóreas, em regiões tropicais é influenciada pelo déficit de pressão de vapor, temperatura do ar, umidade do solo, estação do ano (PRYOR et al., 1997); sendo que a taxa de fotossíntese é reduzida no período da tarde, o que pode estar relacionada ao déficit de pressão de vapor do ar e da folha. Desta forma, pode-se manter o potencial osmótico da folha contribuindo com a planta para a manutenção de sua estabilidade em níveis de água e trazendo certa resistência às plantas onde enfrentam altas temperaturas, como é o caso de certas espécies de eucalipto que tem tolerância a falta de água (TATAGIBA et al., 2007), respondendo diferentemente e dependendo do genótipo de cada clone (MERCHANT; ADAMS, 2005).

A falta de água provoca danos irreparáveis, desequilibrando o ciclo normal da planta (GASPAR et al., 2002 ) limitando a produção agrícola, podendo levar a graves consequências diminuindo a produção das folhas, pois ao tentar se proteger da falta de água, a planta utiliza artificios como, a redução da transpiração (WINGLER et al., 2000), para manter a folha em temperatura que não a degrade (LUDLOW; MUCHOW, 1990), gastando muita energia para isso. Toda a matéria que deveria ir para o desenvolvimento da planta é usada para a manutenção da sobrevivência da planta. De acordo com Guimarães (1980), quando o estresse hídrico acontece, vários fatores estão interligados, tais como a intensidade, a frequência, a duração e a época do ano em que ocorrem se no inverno ou no verão, pois se tem alta umidade no ambiente as consequências são menos danosas (ABRANS et al., 1992).

A planta para se proteger da falta de água, primeiramente diminui a transpiração, e para isso fecha os estômatos, sendo a falta de água a principal causa de transtorno metabólico em uma planta, mais do que a falta de luz ou CO<sub>2</sub> (AASAMAA; SOBER, 2011). As plantas lançam-se de outros meios para tentar manter a temperatura foliar baixa, e como consequência, as folhas começam a ficar com tamanho menor e com forma diferente (MARTINS, 2010; BORTOLINI et al, 2011

Outra medida para a planta manter o seu equilíbrio é fazendo o ajuste osmótico, onde durante o período de seca ativam e acumulam açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol, para diminuir o potencial osmótico e manter o potencial hídrico (SHULTZ; MATTEWS,1993). Segundo o experimento de Lemcoff et al. (1994), o ajustamento osmótico ocorre para as espécies de eucalipto as quais respondem

diferentemente, como exemplo, o *Eucalyptus grandis* responde com 14% a 15%, o *Eucalyptus viminalis* com 32,3% e o *E. tereticornis* com 41,9%, quando submetidos a estresse hídrico. Cada genótipo responde diferentemente frente à resposta ao ajustamento osmótico e à capacidade de tolerância tanto ao frio quanto à seca (PITA; PARDOS, 2001; SILVA et al., 2007; WIKBERG; OGREN, 2007).

O potencial hídrico é mantido sem alteração de turgor ou de volume celular, mas provoca alterações na membrana celular e também na concentração celular de metabólitos, ativando os complexos enzimáticos e levando a expressão de alguns genes que podem ser de tolerância ao estresse (SINCLAIR; LUDLOW, 1985). Reduções do potencial osmótico ocorrem pelo aumento de concentrações de solutos presentes na célula túrgida, portanto, ocorrerá o ajuste osmótico se houver acumulação ativa de solutos, fazendo com que a espécie tenha aumento na capacidade de tolerância a períodos curtos de seca (SHVALEDA et al., 2005).

Esses compostos orgânicos, que contribuem para as trocas das concentrações de substâncias osmoticamente ativas entre as espécies de *Eucalyptus* variam, dependendo da espécie, como por exemplo, das concentrações de quercitol, que foram encontrados nos *Eucalyptus polyanthemos*, *E. tricarpa*, *E. cladocalyx*, *E. astringens*, *E. viridis* e *E. oleosa*; já a sucrose ocorre mais nos *E. maculata*, *E. macrorhyncha*, *E. camaldulensis*, *E. ovata*, *E. globulus* e *E. rubida* (MERCHANT; ADAMS, 2005). No *Eucalyptus globulus*, a concentração de sucrose aumenta rapidamente em se tratando de déficit hídrico, podendo diferir em quantidade, sendo uma quantidade maior para os mais tolerantes à seca ou ao frio (SILVA et al, 2004).

De acordo com Kozłowski e Pallardy (1996), plantas com déficit hídrico, na maioria das vezes apresentam células não completamente túrgidas e com potenciais hídricos negativos. O potencial foliar atua como um indicador dos efeitos da água do solo, e da demanda da evaporação da atmosfera local, sendo o potencial hídrico foliar usado para medir o estresse das plantas (SINCLAIR; LUDLOW, 1985).

O potencial hídrico pode ser medido pela bomba de Scholander. De madrugada o potencial das plantas apresentam geralmente potencial hídrico variando entre -0,7 a -0,9 MPa, isto é devido às temperaturas que são baixas e também devido a umidade, que é maior. Ao meio dia o potencial hídrico foliar tem valores mais negativos, sendo a interpretação desses valores mais difícil, pois além da evapotranspiração da planta que é maior nesses períodos tem, também, a resposta da planta acionando o fechamento dos

estômatos, com valores variando de -0,9 a -1,2 MPa em dias quentes e secos. No caso de esgotamento da água ou de falta de água o valor pode chegar a -5 MPa.

A clorofila era estimada através de técnica de laboratório com destruição das folhas e cujos protocolos exigiam certa habilidade, e mão de obra especializada. Novos métodos surgiram na década de 90 (BLACKMER et al., 1993), onde a medição é feita diretamente na folha, por meio de aparelhos, sem destruição das plantas, processo barato, rápido e com alta correlação em relação ao teor de clorofila (GODOY et al., 2008). Esses equipamentos como é o caso do clorofilômetro Fieuld Scout CM 1000, Spectrum, dão o teor de clorofila já no próprio local, usando a reflectância de 700-840 nm de luminosidade de luz solar natural detectando mais cedo o estresse.

O número de cloroplastos e estômatos são maiores apresentando-se menores em tamanho e teores de clorofila menores em plantas de sol, como é o caso dos *Eucalyptus* (LARCHER, 2004), esse aumento do número estômatos/mm<sup>2</sup> geralmente é observado em folhas de plantas expostas ao sol, como visto por vários autores (CASTRO et al., 1998; ALMEIDA, 2001), e isto pode ser indicativo de um mecanismo de adaptação das plantas às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo.

## **2.6 Avaliação de mudas: características bioquímicas**

Quando ocorre a desidratação das plantas, osmolitos, tais como prolina, glicina e betaina, além dos açúcares, ajudam a proteger e preservar as proteínas e manter as suas funções e estruturas das membranas (LAWLOR, 2002).

O estresse hídrico quebra o equilíbrio oxidativo/reduutivo em organelas, como é o caso dos cloroplastos, diminuindo sua atividade gerando espécies com radicais de oxigênio altamente reativos. Os radicais livres podem ser gerados por todas as células vivas aeróbias, sendo principais: os ânions, o radical hidroperoxila, o radical superóxido e o radical hidroxila. Outras moléculas também altamente reativas, mas que não apresentam elétrons desparelhados na última camada, e que dessa forma não podem ser classificados como radical livre, derivadas do metabolismo de oxigênio, sendo conhecidas como espécies reativas de oxigênio (EROS), tais como o peróxido de oxigênio e o oxigênio singlete (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; ISMAEL et al., 2004; CHANDRA et al., 1998).

Uma das mais estudadas respostas de plantas ao déficit hídrico, é a acumulação de prolina nas células, que é resultado do aumento do fluxo do glutamato, metabolizado pela Pirrolina -5-Carboxilato Sintetase, que tem sua expressão regulada por mudanças no potencial osmótico do citoplasma (GRIFFITHS; PARRY, 2002).

A peroxidase é outra enzima envolvida em processos de crescimento e diferenciação celular e mudanças morfogênicas em resposta a diversidades físicas, químicas e biológicas no crescimento vegetal. É uma enzima muito importante existente nas plantas, estando relacionada na formação da parede celular, permeabilidade das membranas, assim como na regulação da produção de ácido indolacético e etileno. Utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar os que doam o hidrogênio e quanto mais hidrogênio maior é a atividade da enzima e maior é o sinal de estresse que a planta está submetida (MITTER, 2002). Shvaleda et al. (2005) estudando *Eucalyptus globulus*, observou que, em períodos de seca, as raízes aumentam seu crescimento bem mais do que as folhas; e as raízes acumulam muito mais açúcares e prolina do que as folhas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

A pesquisa foi desenvolvida no Viveiro de Pesquisa de Mudanças Florestais do Departamento de Ciência Florestal, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da UNESP – Campus de Botucatu, localizado nas coordenadas 22°51'S, 48°27'W, na altitude de 786 m. O clima do município é classificado segundo ao sistema Köppen como Cwa: clima quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno (CUNHA; MARTINS, 2009). Na Tabela 1 são apresentadas as médias mensais de temperaturas, precipitação pluviométrica e umidade relativa do local da pesquisa.

Tabela 1. Dados climatológicos médios mensais durante o período de desenvolvimento da pesquisa.

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação Pluviométrica (mm)	Umidade Relativa (%)
	Mínima	Máxima	Média		
<b>Dez/11</b>	17,7	30,5	24,1	137,5	67,3
<b>Jan/12</b>	17,6	29,2	23,4	367,6	78,0
<b>Fev/12</b>	20,1	32,1	26,1	166,9	71,7
<b>Mar/12</b>	18,3	30,8	24,5	59,0	68,0
<b>Abr/12</b>	17,6	28,5	23,0	250,2	77,6
<b>Jun/12</b>	14,1	21,5	17,8	227,9	75,5
<b>Ago/12</b>	14,3	25,7	20,0	0,0	65,8

### 3.2 Material genético

A escolha dos materiais genéticos baseou-se nas diferentes necessidades hídricas de quatro clones comerciais: Os clones 1, 2 e 4 têm necessidades hídricas maiores em relação ao clone 3, em se tratando de avaliações a campo.

- Clone 1 (híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla*- clone 144);
- Clone 2 (híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla* – clone 224);
- Clone 3 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* – clone 1277) e
- Clone 4 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* – clone A08).

### 3.3 Experimentos

O estudo constituiu de quatro experimentos fatoriais, sendo dois no jardim clonal (Experimento A1 e A2) e dois na produção de mudas (Experimento B1 e B2). Ambos os experimentos foram conduzidos em cultivo protegido com plástico difusor de luz, para se eliminar a influência das chuvas.

O experimento A1 foi realizado nos meses de dezembro de 2011, janeiro, fevereiro e março de 2012 e para o experimento A2, nos meses de abril, junho e agosto de 2012.

No experimento B1, as mudas foram enraizadas em março e levadas a pleno sol em abril com início do experimento e término das avaliações em junho

de 2012; e no experimento B2, as mudas foram enraizadas em maio e levadas para a pleno sol em junho, quando se iniciou o experimento e conduzido até agosto de 2012.

### **3.3.1 Experimentos A1 e A2: manejo hídrico no jardim clonal**

Os experimentos conduzidos no jardim clonal tiveram por objetivos avaliar o efeito do manejo hídrico aplicado às cepas sobre a produção de brotos e o enraizamento das estacas de quatro clones híbridos comerciais de *Eucalyptus spp.*

Para isso, foram implantados em delineamento em blocos casualizados, sendo compostos por três repetições, com parcelas de 64 plantas de cada clone, por canaleta, totalizando 768 plantas por clone. Como a utilização de quatro clones, foi utilizado um total de 2.304 plantas no jardim clonal.

No Experimento A1, o esquema usado foi o fatorial 3x4, composto por três lâminas de irrigação (4 mm, 7 mm e 10 mm) e quatro clones (144, 224, 1277 e A08).

No Experimento A2, o esquema usado foi o fatorial 3x4, composto por três lâminas de irrigação (2,5 mm, 4,5 mm e 6,5 mm) e quatro clones (144, 224, 1277 e A08).

#### **3.3.1.1 Formação do jardim clonal**

O jardim clonal foi composto por nove canaletes de fibrocimento com dimensões de 0,8 x 4,5 m, completados com uma camada de seixo de tamanho médio e uma camada de areia granulometria média, separadas por uma lona de malha média. Posteriormente, instalou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores espaçados a cada 0,2 m na linha e nas entre linhas, com uma vazão de 1,0 L h<sup>-1</sup>.

Na seqüência houve o plantio das mudas em setembro de 2011, sendo as mudas de quatro clones híbridos de mesma idade. Foram usados nove canaletes, em que cada um foi composto por oito linhas de plantas espaçadas a 0,1 m. Em cada linha, o espaçamento entre plantas foi de 0,12 m. Cada parcela foi composta por 64 plantas (8x8),

portanto, cada canaleta foi composto por 256 plantas (64 x 4 clones), sendo utilizados 9 canaletes, e no total 2304 cepas.

Após uma semana, as mudas tiveram os seus ponteiros dobrados para estimular a brotação na base. Com o início da brotação, as plantas foram podadas e deixadas com três folhas e altura de 0,14 m (Figura 1), para estimular a ação dos hormônios favorecendo a brotação (WENDLING, 2010). A Figura 1 mostra um esquema desde a formação do jardim clonal (Experimentos A1 e A2) até a produção da muda no viveiro (Experimentos B1 e B2).

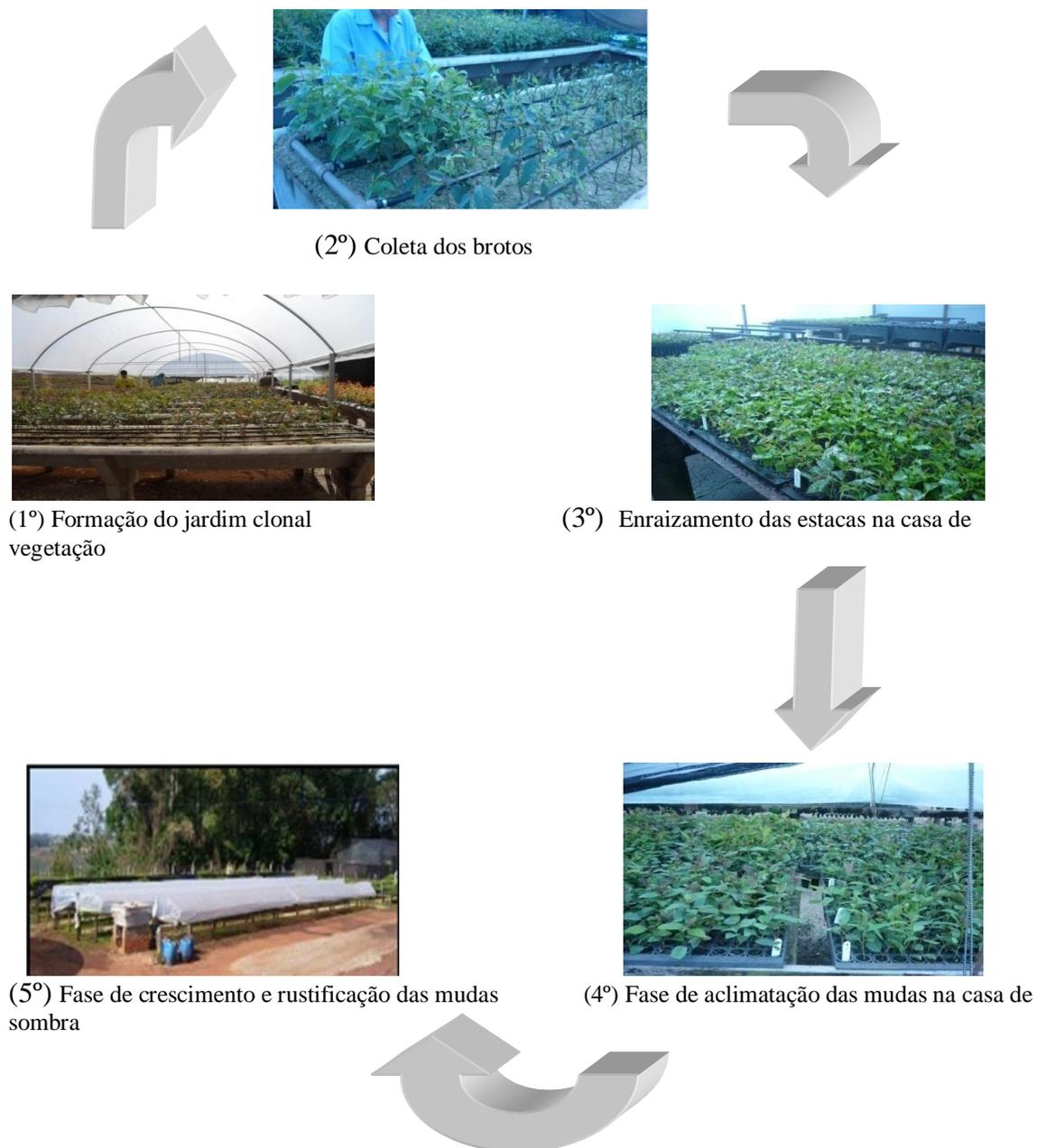


Figura 1. Esquema dos experimentos desde a formação do jardim clonal (A1 e A2) até a produção da muda no viveiro (B1 e B2).

Durante os Experimentos A1 e A2 foram realizadas ferti-irrigações três vezes por semana, segundo a recomendação de Higashi et al. (2002), com a aplicação de 4 mm de solução nutritiva, sendo a solução composta pelos fertilizantes: monoamônio fosfato, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e uréia. Esta solução nutritiva apresentava teores de 345; 84; 196; 152; 38 e 50 mg L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S e a solução de micronutrientes constituído por ácido bórico, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, molibdato de sódio e sulfato ferroso nos teores de 0,50; 0,50; 0,03; 0,05; 0,02 e 5,00 mg L<sup>-1</sup> de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

### 3.3.1.2 Avaliações dos Experimentos A1 e A2

#### a. Substrato (areia do canaleta)

A partir de amostras da areia (substrato) do canaleta foram obtidos os dados de retenção de água feita pelo Laboratório do Departamento de Solo e Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas / UNESP (Tabela 2).

Tabela 2. Dados de retenção de água pela areia utilizada nos canaletes do jardim clonal

Tensão (MPa)	Saturado	0,003	0,006	0,010	0,030	0,100	0,500	1,500
Água Retida (dm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup> )	0,40	0,21	0,10	...	...	0,03	0,02	0,01

A medição da lixiviação foi feita por meio de vasos coletores, alocados nos terminais de cada canaleta, avaliando-se o pH e a EC (condutividade elétrica), cujos valores de pH variaram entre 3,95 a 5,50; a EC mostrou valores entre 1,7 a 2,5 mS cm<sup>-1</sup>.

A Figura 2 mostra o jardim clonal, com os vasos coletores da água drenada (lixiviado).



Figura 2. Jardim clonal mostrando detalhes dos vasos coletores (lixiviado)

No jardim clonal, foram feitas a avaliação da umidade da areia. Comparando os dados da retenção de água pela areia (Tabela 2) com os resultados observados (Tabela 3) observou-se que para todos os tratamentos do experimento A1 (4, 7 e 10 mm) a umidade da areia estava próxima a capacidade de campo.

Tabela 3. Umidade do substrato dos canaletos do Experimento A1.

	Lâmina bruta de irrigação (mm)		
	4	7	10
<b>Umidade areia (dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>)</b>	0,08	0,10	0,11

As percentagens de umidade da areia para o experimento A2, foi de 2% para a lâmina de 2,5mm, 8% para a lâmina de 4,5mm e de 10 % para a lâmina de 6,5mm (Tabela 4), indicando que na menor lâmina as cepas encontravam-se numa tensão de retenção de água de -0,5 MPa.

Tabela 4. Umidade do substrato dos canaletos do experimento A2.

	Lâmina bruta de irrigação (mm)		
	2,5	4,5	6,5
<b>Umidade areia (dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>)</b>	0,02	0,08	0,10

Para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2012, a média da temperatura mínima foi de 17,7 °C e a máxima de 30,5 °C, com precipitação pluviométrica para os 3 meses de 593,5 mm e umidade relativa de 67,3 %. Para os meses de Abril, Junho e Agosto de 2012, a média da temperatura mínima foi de 15,3 °C e a máxima de 25,3 °C, com precipitação pluviométrica para os 3 meses de 478 mm e umidade relativa de 72 %.

## **b. Plantas**

As coletas dos brotos ocorreram a cada 15 dias de acordo com recomendação de Wendling (2010) e de Xavier e Silva (2010).

Nos primeiros três meses de formação do jardim clonal, os brotos foram coletados e descartados, pois nesta fase o jardim clonal apresentava-se em fase de estabelecimento com produtividade ainda irregular.

A partir do 4<sup>o</sup> mês (Dezembro) se iniciaram as coletas dos brotos para avaliação da produtividade. Parte dos brotos foram coletados, quantificados e em seguida levados à estufa de ventilação forçada, com temperatura de 65 °C, até a obtenção de massa constante. Outra parte dos brotos eram clonados e levados à casa de vegetação para proceder o enraizamento.

A porcentagem do total de enraizamento das estacas foi feito por meio de contagens das estacas que apresentavam raízes nas aberturas inferiores dos tubetes (Figura 3).



Figura 3. Enraizamento das estacas na casa de vegetação

As mudas foram estaquiadas e colocadas para enraizar na casa de vegetação com umidade de 80%, temperatura de 25 a 30 °C e com nebulização a cada 13 minutos e durante 10 segundos, por um período de 25 dias.

As mudas enraizadas com idade de 25 dias foram levadas para adaptação na casa de sombra, com tela de sombreamento de 50%, sendo irrigadas automaticamente a cada hora, durante 25 segundos por meio de microaspersores durante 10 dias.

O substrato utilizado foi à base de turfa, vermiculita e casca de arroz carbonizada, da marca Carolina Soil. Houve uma adubação de base com 2 g do fertilizante Yoorin<sup>®</sup> Master 1S e 2 g de Fosmag<sup>®</sup> 500B para cada litro de substrato utilizado no preenchimento dos tubetes de 50 cm<sup>3</sup>.

Em todos os experimentos, o tubete utilizado foi de polietileno com volume de 50 cm<sup>3</sup>. Antes do preenchimento, os tubetes foram desinfetados por lavagem com água e cloro. O enchimento dos tubetes, com o substrato, foi manual, com batimento para a sua acomodação na embalagem.

### **b.1. Avaliações fisiológicas**

O índice de cor verde foi medido, por meio do clorofilômetro Field Scout<sup>®</sup>, modelo CM-1000, nos meses de dezembro de 2011 e janeiro de 2012 ( Experimento A1) e nos meses abril, junho e agosto de 2012 (Experimento A2). As leituras foram feitas paralelamente à superfície da segunda folha totalmente expandida de cada muda, usando uma amostragem de 20 plantas por clone, por experimento, totalizando 720 plantas.

No Experimento A2, o potencial hídrico foliar foi medido em junho, no horário compreendido entre 12 e 13h, utilizando a câmara de pressão de Scholander, modelo 3035, da Soil Moisture. A avaliação foi realizada nas segundas folhas totalmente expandidas de cada muda presentes na mesma orientação solar.

### **b.2. Avaliações bioquímicas**

O procedimento de coleta do material vegetal usado para determinações enzimáticas seguiram o protocolo:

- 1) As folhas foram embaladas em sacos plásticos e em seguida em papel alumínio devidamente identificado, sendo armazenadas em caixa de isopor com gelo;
- 2) Ao juntar um número considerável de amostras, foram congeladas em nitrogênio líquido;

3) Em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificadas e armazenadas em *freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Utilizou-se método de Elker et al.(1993) para a obtenção dos extratos enzimáticos para a avaliação da enzima peroxidase (POD). Foi usado aproximadamente 1 g de massa fresca, 5 mL de tampão gelado TRIS-HCl  $0,2\text{ mol L}^{-1}$  pH 7,8 contendo  $1\text{ mmol L}^{-1}$  de EDTA e 7,5% (peso/volume) de polivinilpolipirrolidona. O homogeneizado foi centrifugado a  $14.000 \times g$ , por 20 minutos, a  $4^{\circ}\text{C}$ . O sobrenadante obtido de cada amostra foi coletado e armazenado em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  para determinação da atividade das enzimas POD, bem como dos teores de proteínas solúveis.

Para a determinação da enzima peroxidase (POD), EC 1.1.1.7 foi usado o método de Knorzer et al. (1996), onde se usou 0,050mL de extrato enzimático enzimático diluído na proporção de 1 para 10; tampão fosfato de potássio ( $100\text{ mmol/L}$  pH 6,5) 0,500mL; pirogalol ( $72,72\text{mmol /L}$ ) 0,250mL e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ( $18,18\text{ mmol/L}$ ) 0,200mL; totalizando 1,0 mL. Toda a reação foi feita em temperatura ambiente por um período de 5 minutos.

A formação de purpurogalina foi medida em espectrofotômetro UV-visível a 430 nm e seu coeficiente de extinção molar ( $2,5\text{mmol.L}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ ) foi usado para calcular a atividade específica da enzima, expressa em  $\mu\text{mol de purpurogalina.min}^{-1}.\text{mg}^{-1}$  proteína. Foram utilizadas seis plantas para cada clone e cada repetição.

### 3.3.2 Experimentos B1 e B2: manejo hídrico na produção de mudas

O delineamento experimental usado para o Experimento B1 foi blocos casualizados, em esquema fatorial  $3 \times 2 \times 4$ , sendo 3 lâminas de água (4, 7 e 10mm) aplicadas no jardim clonal, 2 lâminas de água (8 e 11 mm) na produção das mudas e 4 clones (clone 1: híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 144; clone 2: híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 224; clone 3: *E. grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277; clone 4: *E. urophylla* x *E. grandis* - A08).

O delineamento experimental usado para o experimento B2 foi blocos casualizados, em esquema fatorial  $3 \times 3 \times 2 \times 4$ , sendo 3 lâminas de água (2,5; 4,5 e 6,5mm) aplicadas no jardim clonal, 3 lâminas de água (8 , 11 e 14mm) na produção das mudas, 2 frequências de irrigação (2 e 4 vezes ao dia) e 4 clones (clone 1: híbrido

espontâneo de *E.urophylla* – clone 144; clone 2: híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 224; clone 3: *E. grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277; clone 4: *E. urophylla* x *E. grandis* - A08).

Cada tratamento se constituiu de 3 parcelas de 20 mudas por clone, sendo 6 úteis por parcela usadas nas avaliações.

Para a análise dos dados foi empregado o software SISVAR versão 4.3, sendo utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para as comparações entre médias.

As mudas enraizadas na casa de vegetação, com idade de 25 dias foram levadas para se adaptarem na casa de sombra, com tela de sombreamento de 50%, sendo irrigadas automaticamente a cada hora, durante 25 segundos por meio de microaspersores durante 10 dias.

O procedimento seguinte foi levá-las para canteiros cobertos com plásticos difusores de 150 micra para iniciar os tratamentos com diferentes manejos hídricos. O período de aplicação dos tratamentos foi de 60 dias.

A adubação das mudas foi realizada duas vezes na semana, com a aplicação de fertilizantes compostos de macro e micronutrientes. A fertirrigação usada foi feita com aplicação de monoamôniofosfato, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia. Esta solução apresentava teores de 480, 156, 330, 310, 73 e 98 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e micronutrientes nas concentrações de 3; 4; 1,3; 0,5; 0,3 e 48 mg L<sup>-1</sup> de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

As avaliações dos Experimentos B1 e B2 constaram de: altura (H), medindo-se a distância entre o colo até a última gema foliar, com régua graduada; diâmetro do colo (DC), com paquímetro digital; massa seca da parte aérea (MSA) e do sistema radicular (MSR), usando estufa de ventilação forçada a 65 °C, com posterior pesagem em balança digital de duas casas decimais de precisão. Com os dados coletados, calcularam-se a relação altura/diâmetro (H/D), a massa seca total (MST) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD = massa seca total / [(altura da parte aérea / diâmetro do colo) + (massa seca da parte aérea / massa seca radicular)]).

A qualidade do sistema radicular foi avaliada segundo metodologia de Silva et al. (2012), que qualifica o sistema radicular em três padrões: “ótimo”(nota 3), ao sistema radicular formado por um torrão estruturado, sem nenhuma flexibilidade e com

presença de raízes novas; “bom” (nota 2), ao sistema radicular estruturado, porém com o torrão com alguma flexibilidade e com poucas raízes novas; “ruim” (nota 1), ao sistema radicular formado por um torrão desagregado e, portanto, inapto para plantio em campo. As categorias “ótimo” e “bom” são consideradas aptas para o plantio e a "ruim" inapta ao plantio. A Figura 4 mostra as diferentes categorias.



Figura 4. Qualidade do sistemas radicular

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Manejo hídrico no jardim clonal**

#### **4.1.1 Experimento A1: lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm**

As tabelas 5, 6, 7 e 8 mostram as análises de variâncias e testes F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm para os quatro clones estudados. O teste F das análises de variâncias mostrou que houve diferenças significativas entre os clones, para a grande maioria dos caracteres morfológicos avaliados no jardim clonal. O mesmo não ocorreu para a variável lâmina de irrigação nesse experimento, cujo teste F não foi significativo.

Tabela. 5. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em dezembro/2011.

Dezembro		QM				
FV	GL	n°. brotos	n°. brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/planta(g)	índice de cor verde
LAMINA	2	19,0000 ns	0,0011 ns	7143,4315 ns	1,7411 ns	472,0836 ns
REP	2	1408,3333 ns	0,2677 ns	28572,7755 ns	6,9700 ns	265,15552 ns
ERRO 1	4	4629,3333	1,0661	3493,4584	0,8515	231,1911
CLONE	3	112177,3333 **	27,1951 **	10865,2327 ns	2,6520 ns	2019,3585 **
LAM.*CL.	6	6227,8888 ns	1,4307 ns	3375,0311 ns	0,8259	286,5810 *
ERRO2	18	6744,2592	1,6622	3031,784	0,7421	104,6087
CV erro1		10,6	10,3	14,83	14,82	8,62
CV erro2		12,8	12,86	13,81	13,83	5,8

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \* - significativo a 5% de probabilidade

Tabela 6. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em janeiro/2012.

Janeiro		QM				
FV	GL	n°. brotos	n°. brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/planta(g)	índice de cor verde
LAMINA	2	7203,1111 ns	1,7881 ns	3365,02778 ns	0,8237 ns	2766,9325 ns
REP	2	14373,7777ns	3,407 ns	7195,07111 ns	1,7562 ns	796,7808 ns
ERRO 1	4	5536,4444	1,3957	2827,2911	0,6874	2021,4133
CLONE	3	14472,2962 ns	3,558 ns	8282,1007 **	2,0255 **	1544,6351 ns
LAM.*CL.	6	4432,7407 ns	1,0701 ns	1781,3151 ns	0,4347 ns	1069,6643 ns
ERRO2	18	6299,7037	1,5274	1750,597	0,4267	1615,6321
CV erro1		11,98	12,16	26,12	26,07	19,05
CV erro2		12,78	12,72	20,55	20,54	17,03

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \* - significativo a 5% de probabilidade

Tabela 7. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, fevereiro/2012.

Fevereiro		QM			
FV	GL	n°. brotos	n°. brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/planta(g)
LAMINA	2	267,1111 ns	0,0642 ns	209,9715 ns	0,0508 ns
REP	2	23019,1111 ns	5,6109 ns	2287,6781 ns	0,05616 ns
ERRO 1	4	6250,4444	1,5254	810,5445	0,1981
CLONE	3	182803,4074 **	44,6430 **	3641,6508 **	0,8877 ns
LAM.*CL.	6	3439,8518 ns	0,8418 ns	683,4186 ns	0,1682 ns
ERRO2	18	4057,4814	0,9914	506,6524	0,1235
CV erro1	CV erro1	16,36	16,35	22,36	22,37
CV erro2	CV erro2	13,18	13,18	17,68	17,67

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \*- significativo a 5% de probabilidade

Tabela 8. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 4, 7 e 10 mm em quatro clones, em março/2012.

Março		QM			
FV	GL	n°. brotos	n°. brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/planta(g)
LAMINA	2	2137,33 ns	0,5238 ns	520,75 ns	0,1281 ns
REP	2	17472,0000 ns	4,2625 ns	1360,9300 ns	0,3322 ns
ERRO 1	4	26243,3333	6,4167	2584,74	0,6316
CLONE	3	31897,3333 ns	7,7811 ns	2932,0455 ns	0,7202 **
LAM.*CL.	6	6135,5555 ns	1,4995 ns	409,0033 ns	0,1007 ns
ERRO2	18	6678,3703 ns		892,8551	
CV erro1	CV erro1	32,82	32,84	38,28	38,29
CV erro2	CV erro2	16,55	16,56	22,5	22,55

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \*- significativo a 5% de probabilidade

A quantidade de água aplicada no jardim clonal não influenciou a produção de brotos e o índice de cor verde avaliadas em dezembro de 2011 (Tabela 9). Em média, a produção de brotos foi de 10 por cepa.

As avaliações feitas em janeiro de 2012 mostram que as brotações não foram influenciadas pela lâmina de irrigação. Em média o número de brotos por cepa foi semelhante ao mês de dezembro, cerca de 10.

Na avaliação de fevereiro de 2012, a média de brotos por cepa, bem como o desenvolvimento dos mesmos (massa seca), foi inferior aos meses anteriores.

A produção de brotos em março foi semelhante à de fevereiro e não foi influenciada pela lâmina de irrigação.

Tabela 9. Diferentes lâminas de água e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde para os meses de dezembro de 2011, janeiro, fevereiro e março de 2012.

Mês	lâmina(mm)	nº brotos	brotos/planta	m.seca(g)	m.s./planta(g)	índice cor verde
Dezembro	4mm	642,3 a	10,3 a	381,02 a	5,95 a	175 a
	7mm	641,3 a	10,3 a	388,34 a	6,06 a	183 a
	10mm	640,3 a	10,1 a	426,46 a	6,66 a	170 a
Janeiro	4mm	645,3 a	10,09 a	217,63 a	3,40 a	253 a
	7mm	596,3 a	9,32 a	208,05 a	3,25 a	223 a
	10mm	621,3 a	9,73 a	185,05 a	2,89 a	230 a
Fevereiro	4mm	480,3 a	7,0 a	123,31 a	1,92 a	-
	7mm	480,6 a	7,1 a	127,04 a	1,98 a	-
	10mm	488,6 a	7,3 a	131,66 a	2,05 a	-
Março	4mm	480,0 a	7,2 a	125,48 a	1,96 a	-
	7mm	494,3 a	7,1 a	134,73 a	2,16 a	-
	10mm	506,6 a	7,0 a	138,23 a	2,10 a	-

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, dentro de cada mês, não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em dezembro os quatro clones estudados, mostraram diferenças estatísticas entre si para todos os caracteres (Tabela 10). O clone 4 (*E.urophylla* x *E.grandis* – clone A08) produziu as maiores médias de brotações, seguidas pelos clones 1 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 144) e 2 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* — clone 224). O clone com menor número de brotos foi o clone 3 (*E.grandis* x *E.camaldulensis* - clone 1277), embora este tenha produzido brotos maiores repercutindo em maiores valores de massa seca. O clone 2 mostrou o maior índice de cor verde (197,41), e os demais não diferiram entre si.

Em janeiro, observou-se que embora a produção de brotos dos diferentes clones tenha sido semelhante, a massa seca foi diferente, sendo que os clones 1 e 2 mostraram o menor e o maior valor, respectivamente.

Em fevereiro, os clones diferiram entre si para todas as características avaliadas. O clone 1 foi superior aos demais para número de brotos, embora este mesmo clone não tenha apresentado diferenças em massa seca em relação aos clones 2 e 4. O clone 3 mostrou o pior desempenho tanto para número de brotos como para massa seca.

Em março, os clones 2 e 4 se destacaram, com os maiores números de brotos por cepa, e o clone 2 ainda apresentou a maior massa seca por planta. Os clones 1 e 4 tiveram a menor produção de brotos por cepa; o clone 3 produziu o menor número de brotos.

Tabela 10. Diferentes clones e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Dezembro (2011), Janeiro, Fevereiro e Março (2012).

Mês	clones	nº brotos	brotos/planta	m.seca(g)	m.s.foliar/planta(g)	índice de cor verde
Dezembro	1	662,2 b	10,5 b	362,70 b	5,66 b	176 b
	2	631,3 b	9,4 b	379,57 ab	5,93 ab	197 a
	3	500,8 c	7,4 c	441,25 a	6,89 a	166 b
	4	772,2 a	12,6 a	410,91 ab	6,42 ab	165 b
Janeiro	1	608,8 a	9,3 a	169,11 b	2,64 b	217 a
	2	651,5 a	10,2 a	242,84 a	3,79 a	246 a
	3	569,3 a	8,1 a	198,06 ab	3,09 ab	237 a
	4	653,7 a	10,3 a	204,28 ab	3,19 ab	241 a
Fevereiro	1	634,2 a	9,1 a	135,19 a	2,11 a	
	2	452,0 c	7,6 c	129,37 a	2,02 a	
	3	300,8 d	4,0 d	98,95 b	1,54 b	
	4	545,7 b	8,3 b	145,84 a	2,27 a	
Março	1	455,1 b	7,1 b	108,75 b	1,69 b	
	2	575,1 a	8,8 a	150,66 a	2,35 a	
	3	444,0 b	6,4 b	141,42 ab	2,21 ab	
	4	500,4 ab	7,2 ab	130,42 ab	2,03 b	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste F das análises de variâncias mostrou que houve diferenças significativas entre os clones, para a grande maioria dos caracteres morfológicos avaliados

no jardim clonal. O mesmo não ocorreu para a variável lâmina de irrigação nesse experimento, cujo teste F não foi significativo, mostrando que a lâmina mínima (4mm) supriu com água suficiente para o desenvolvimento dos brotos no jardim clonal. Nas demais lâminas houve excesso de água que foram drenadas para os vasos coletores dos canaletes. As coletas foram realizadas nos meses de dezembro de 2011, janeiro, fevereiro e março de 2012, período coincidente aos meses de altas umidades relativas, beneficiando as brotações (TYLER et al., 1996). E as brotações não foram afetadas pelas diferentes lâminas de irrigação nos quatro meses analisados (Tabelas 9), pois estresse hídrico moderado só ocorre em intervalos de potencial hídrico entre -1.3 a -1,5 MPa (LANDIS et al., 1989). Neste intervalo, normalmente não se tem água disponível no solo, o que não foi o caso, pois nessas lâminas, a água ficou disponível mesmo considerando a menor lâmina, que mostrou drenagem de água pelos canaletes do experimento.

O número de brotos foi influenciado quando testados diferentes clones nas avaliações de dezembro e fevereiro e na massa seca das brotações para os meses de janeiro e fevereiro. Os clones foram significativamente diferentes para todos os caracteres estudados (Tabela 10). O clone 4 (*E.urophylla* x *E. grandis* – clone A08) produziu as maiores médias de brotações, seguidas pelos clones 1 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 144) e 2 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 224). O clone com menor número de brotos foi o clone 3 (*E.grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277), embora este tenha produzido brotos maiores, repercutindo em maiores valores de massa seca.

O *E. camaldulensis* tem capacidade de ajustamento osmótico da ordem de 15% e o *E. grandis* de 14% (LEMCOFF et al., 1994). Devido à capacidade de ajustamento osmótico ser semelhante para os diferentes clones haveria a possibilidade de a brotação ser semelhante para todos os clones, no entanto, isto não ocorreu e os brotos do *E. grandis* x *E. camaldulensis* (clone 3) foram maiores, mas em menor quantidade. Como o *Eucalyptus camaldulensis* é uma espécie mais adaptada aos baixos níveis pluviométricos, utilizando em condições de campo, o aprofundamento das raízes para se suprir de água, seria de se esperar que nas menores lâminas de água, sua produção fosse maior do que as dos híbridos com *Eucalyptus urophylla* (MERCHANT; ADAMS, 2005). Como os clones híbridos com *E. urophylla* são de genótipos diferentes, responderam diferentemente para as características fisiológicas, morfológicas e bioquímicas para a capacidade à tolerância à seca (PITA; PARDOS, 2001; SILVA et al., 2007; WIKBERG; OGREN, 2007).

Embora a produção de brotos tenha sido semelhante entre os clones, a massa seca foi diferente. O clone 1 apresentou a menor massa seca e clone 2 foi o que mostrou o maior valor (Tabela 10) no mês de janeiro.

O teste F, para índice de cor verde, foi altamente significativo para clone e para a interação lâmina x clone, no mês de dezembro; e para janeiro, foi significativo para clone, massa seca total e massa seca por planta. O clone 2 mostrou o maior índice de cor verde em dezembro. Em janeiro, os valores do índice de cor verde foram mais altos que em dezembro, no entanto, foram iguais para os clones.

A Figura 5 mostra a porcentagem de enraizamento dos quatro clones em função das lâminas de irrigação aplicadas no jardim clonal em março/2012.

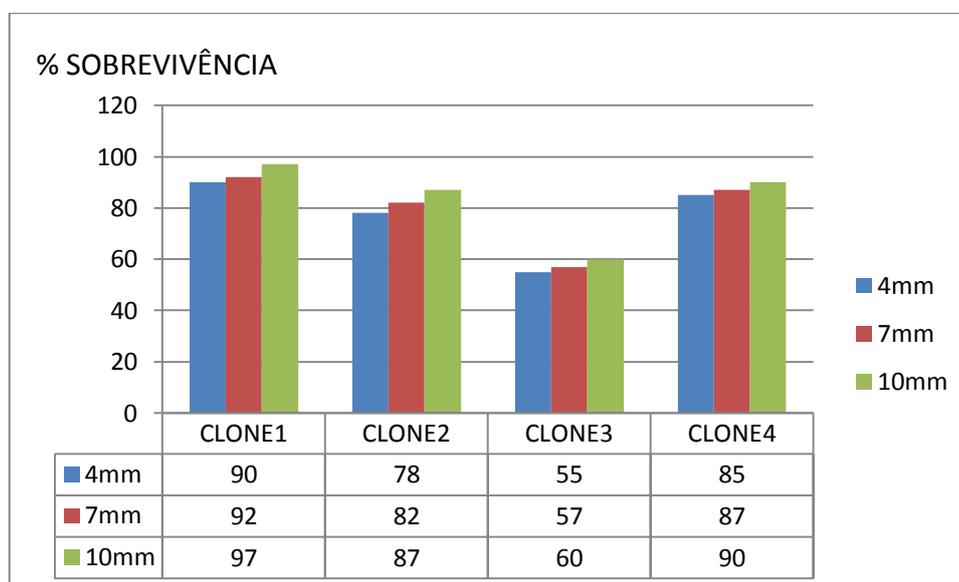


Figura 5. Porcentagem de enraizamento dos quatro clones em função das lâminas de irrigação aplicadas no jardim clonal, em março/2012.

Considerando todas as lâminas de irrigação, o percentual de enraizamento do clone 3 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*) foi o menor entre os clones. Os melhores percentuais de enraizamento foram encontrados para o clone 1, seguido do clone 4 e do clone 2, que são híbridos com o *E. urophylla*. Observa-se a influência do manejo hídrico da cepa sobre o enraizamento das estacas, sendo que os resultados tiveram uma tendência crescente em função do aumento da lâmina de irrigação.

#### 4.1.2 Experimento A2: lâminas de irrigação 2,5, 4,5 e 6,5 mm

As brotações foram significativamente diferentes para os diferentes clones nas coletas realizadas em abril e agosto (Tabelas 11 e 13). As lâminas de irrigação e os clones influenciaram significativamente as brotações colhidas em junho (Tabela 12). A menor lâmina de irrigação foi a que mostrou as menores quantidades de brotações. A falta de água ocasiona o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, a redução da concentração de CO<sub>2</sub> nas folhas, com prejuízo para a fotossíntese, prejudicando a brotação (ZATEV; YORDANOV, 2004; EWERS et al., 2000).

O clone 3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) mostrou bons resultados para o índice de cor verde, indicando boa produção de fotoassimilados, que deveriam ter sido canalizadas para a produção de brotos. Entretanto, esta produção foi utilizada para o desenvolvimento de outros tecidos da planta e não propriamente para a formação de novas brotações (PALUDZYSZN, 2003).

Tabela 11. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em quatro clones, em abril de 2012.

Abril		QM				
FV	GL	n° brotos	n° brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/planta(g)	índice de cor verde
LAMINA	2	10992,0000 ns	6,9633 ns	1371,9433 ns	0,3350 ns	722,88 08 ns
REP	2	48633,3333 ns	6,4933 ns	2689,3300 ns	0,6577 ns	92,4058 ns
ERRO 1	4	12085,3333	1,9266	948,9183	0,2302	284,8991
CLONE	3	176446,074 **	35,9718 **	2438,4040 **	0,5970 ns	1358,2958 **
LAM*CL	6	8333,6296 ns	1,4240 ns	168,1018 ns	0,0417 ns	62,2997 ns
ERRO2	18	6833,3333	1,3688	336,7014	0,0818 ns	76,2573
CV erro1		24,52	18,67	37,14	37,01	6,30
CV erro2		18,44	15,74	22,12	22,07	3,26

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \*- significativo a 5% de probabilidade

Tabela 12. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em quatro clones, em junho de 2012.

Junho		QM					
FV	GL	n° brotos	n° brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/pl.(g)	índice cor verde	scholander
LAMINA	2	149785,3333 *	36,5559 *	11,1013 ns	0,0069 ns	386,4558 ns	34,121536 *
REP	2	3641,3333 ns	0,8863 ns	12,2916 ns	0,0036 ns	227,4100 ns	1,978744 ns
ERRO 1	4	8892,6666	2,1692	16,6203	0,0069	339,4295	
CLONE	3	89492,5925 **	21,8643 **	146,8172 ns	0,0418 ns	303,4654 ns	48,291830 **
LAM.*CL.	6	9492,5925 ns	2,3210 ns	84,8530 ns	0,0210 ns	113,4432 ns	4,555932 ns
ERRO2	18	5277,9259	1,2892	75,4904 ns	0,0187	213,6478	7,468326
CV erro1		25,10	25,09	12,79	16,85	9,68	
CV erro2		19,34	19,34	27,25	27,73	7,68	27,9

Teste F: ns – não significativo; \* - significativo a 5% de probabilidade; \*\* - significativo a 1% de probabilidade

Tabela 13. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para a brotação do jardim clonal, considerando as lâminas de irrigação 2,5; 4,5 e 6,5 mm em quatro clones, em Agosto de 2012.

Agosto		QM					
FV	GL	n° brotos	n° brotos/cepa	massa seca(g)	m. seca/pl.(g)	índice cor verde	
LAMINA	2	33610,1111 ns	8,1858 ns	2155,5011 ns	0,5567 ns	475,0211 ns	
REP	2	419,4444 ns	0,1025 ns	143,6044 ns	0,0443 ns	14,3169 ns	
ERRO 1	4	9605,4444	2,3481	1151,7944	0,2786	312,3169	
CLONE	3	20947,3703 **	5,0976 **	3220,1974 **	0,7885 **	75,0262	
LAM*CL	6	8403,5925 ns	2,0511 ns	952,2218 ns	0,2310 ns	346,2462 ns	
ERRO2	18	3738,4074	0,9138	533,25	0,1298	118,0437	
CV erro1		24,94	24,95	27,71	27,63	9,14	
CV erro2		15,56	15,57	18,85	18,86	5,62	

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \* - significativo a 5% de probabilidade

A lâmina de irrigação não influenciou na produção e no acréscimo de massa seca dos brotos, nas coletas de abril de 2012. A média de brotos ficou entre 6,6 e 8,1 por cepa e o índice de cor verde, embora variando de 261 a 276, foram estatisticamente semelhantes.

Nos dados coletados em junho, as lâminas de irrigação influenciaram a produção de brotos sem afetar a massa seca. Notou-se que o número de brotos foi menor na menor lâmina, concordando com os resultados obtidos por Ewers et al. (2000). A menor lâmina (2,5 mm) foi inferior às demais, indicando que o estresse hídrico provocado por ela foi limitante à produção. O teor de umidade da areia neste tratamento foi

de 1,8% e correspondeu a uma tensão de retenção de água de -1,5 MPa, ou seja, próximo do ponto de murcha. Isto explica que com número menor de brotações, a deficiência hídrica diminui a assimilação de CO<sub>2</sub>, compromete a fotossíntese e diminui a produção de área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2009). O potencial hídrico foliar também foi significativamente menor na lâmina de irrigação de 2,5mm, onde mostrou um potencial hídrico moderado (-1,19 MPa) para o estresse (intervalo de -1,0 a -1,5 MPa) (LANDIS et al., 1989).

Nos dados relativos ao mês de agosto, as lâminas de irrigação não foram diferentes para as características analisadas. No entanto, Silva et al. (2004) encontraram maior quantidade de matéria seca de raiz, para os tratamentos com maior volume de água. Em média, a produção de brotos por cepa variou de 5,3 a 6,9 (Tabela 14), e o índice de cor verde foi baixo e não teve diferenças entre os valores dentro das diferentes lâminas de irrigação. No entanto, o consumo de água para as três lâminas foi mais alto do que nos demais meses de inverno, ou seja, de junho e agosto. A Tabela 15 mostra os diferentes clones e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde em Abril, Junho e Agosto de 2012.

Tabela 14. Diferentes lâminas de água e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Abril, Junho e Agosto de (2012).

Mês	lâminas(mm)	nº brotos	brotos/planta	m.seca(g)	m.s./planta(g)	ín.cor verde	scholander
Abril	2,5mm	424,3 a	6,6 a	72,18 a	1,12 a	261 a	
	4,5mm	438,3a	7,5 a	83,10 a	1,29 a	265 a	
	6,5mm	482,3 a	8,1 a	93,56 a	1,46 a	276 a	
Junho	2,5mm	246,6 b	3,85 b	30,81 a	0,46 a	186 a	-11,9 b
	4,5mm	441,3 a	6,86 a	32,68 a	0,50 a	187 a	-8,6 a
	6,5mm	439,0 a	6,89 a	32,15 a	0,50 a	196 a	-9,6 ab
Agosto	2,5mm	340,5 a	5,3 a	107,9 a	1,67 a	187 a	
	4,5mm	392,0 a	6,1 a	125,33 a	1,95 a	193 a	
	6,5mm	446,3 a	6,9 a	134,25 a	2,09 a	199 a	

Ao analisar os clones, verificou-se que as maiores quantidades de brotos ocorreram para os clones 1 e 2. O índice de cor verde foi semelhante para todos os clones, em agosto.

Tabela 15. Diferentes clones e produção de número de brotações, massa seca e índice de cor verde apresentados para os meses de Abril, Junho e Agosto de 2012.

Mês	clones	nº brotos	brotos/planta	m.seca(g)	m.s./planta(g)	Í.c.verde	scholander
Abril	1	574,6 a	9,0 a	84,31 a	0,93 b	259 b	
	2	456,8 b	7,6 a	90,13 a	1,31 a	278 a	
	3	251,1 c	4,5 b	59,66 b	1,40 a	278 a	
	4	510,6 ab	8,5 a	97,68 a	1,52 a	255 b	
Junho	1	444,4 a	6,9 a	28,64 a	0,43 a	186 a	-0,92 ab
	2	470,2 a	7,3 a	32,77 a	0,52 a	198 a	-1,20 a
	3	256,4 b	4,0 b	28,87 a	0,44 a	189 a	-1,18 a
	4	331,5 b	5,1 b	37,23 a	0,57 a	186 a	-0,72 b
Agosto	1	422,0 a	6,5 a	128,00 ab	1,62 b	196 a	
	2	440,0 a	6,8 a	146,52 a	1,74 b	192 a	
	3	332,2 b	5,1 b	103,87 b	1,99 ab	195 a	
	4	377,5 ab	5,8 ab	111,57 b	2,28 a	189 a	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferenças entre os clones para todos os caracteres (Tabela 15). O clone 1 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 144) teve a maior produtividade por cepa, todavia os brotos tiveram a menor massa seca. O clone 3 (*E.grandis* x *E.camaldulensis* - clone 1277) produziu o menor número de brotos por cepa, contudo com maior massa seca individual. Os clones 2 (híbrido espontâneo de *E.urophylla* – clone 224) e 3 (*E.grandis* x *E. camaldulensis* - clone 1277) apresentaram os maiores índices de cor verde.

O clone 144 e o 224, ambos híbridos de *E. urophylla*, produziram mais brotos por cepa, no entanto, em termos de massa seca, não se diferenciaram significativamente dos demais (Tabela 21). Da mesma forma, o índice de cor verde foi semelhante para todos os clones. Os clones com os menores potenciais hídricos nas folhas foram o clone 2 (clone 224) e o clone 3 (clone 1277), que apresentaram potencial hídrico (entre -1,0 a -1,5 MPa) de equivalente a uma planta moderadamente estressada (LANDIS et al., 1989).

Não houve influência do manejo hídrico aplicado à cepa sobre o enraizamento das estacas, neste experimento (Figura 6). Os menores percentuais de

enraizamento foram encontrados para o clone 3 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*) e os demais foram semelhantes entre si embora.

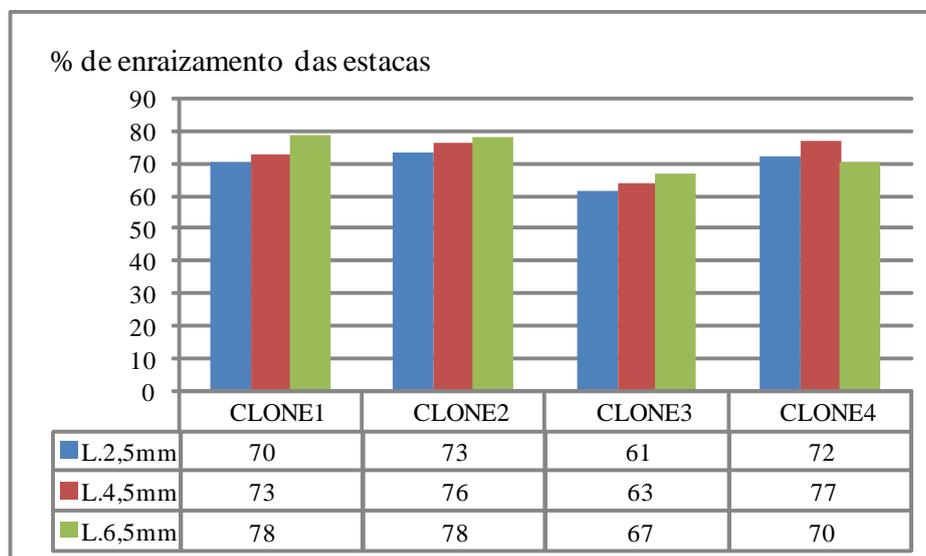


Figura 6. Porcentagem de enraizamento dos quatro clones em função das lâminas de irrigação aplicadas no jardim clonal, em maio/2012.

Quanto à peroxidase, observou-se que quando a lâmina de irrigação é reduzida (lâmina de 2,5 mm) há grande atividade enzimática da POD, sendo que para uns clones, causam mais danos do que para outros mais adaptados a baixa quantidade de água.

Todos os clones tiveram grande atividade das enzimas de oxiredução, evidenciadas pela alta atividade da enzima peroxidase, para a lâmina de 2,5 mm. Todavia, o clone 4 é o menos sensível a níveis baixos de água, apesar de ser um híbrido de *E. urophylla*, como o clone 1 e 2, mostrando que o genótipo é importante para se escolher à situações diferentes (CHAVES et al., 2004). Apesar das lâminas influenciarem pouco ou quase nada os caracteres de crescimento, de uma forma geral, o clone 4 mostrou os maiores incrementos, evidenciando a sua capacidade de ajustamento osmótico e tolerância à seca, que chegou a ser da ordem de 14% de ajustamento (LEMCOFF et al., 1994).

As plantas em tentativa de remoção dos radicais livres, devido aos processos oxidativos causados pelo estresse hídrico, ativam as enzimas peroxidase, na expectativa de diminuírem as injúrias causadas pela falta de água, e com isso diminuem a concentração desses radicais (MITLLER, 2002). A Figura 7 mostra a atividade da enzima

peroxidase (POD) para os quatro clones e três lâminas estudadas (2,5, 4,5 e 6,5mm) e a Tabela 16 apresenta os valores do teste F e os coeficientes de variação dos erros 1 e 2.

Tabela 16. Atividade da enzima POD (Peroxidase)

POD (uM/min/mg prot)		
FV	GL	QM
LAMINA	2	136930,6756**
REP	5	3,3863ns
ERRO 1	10	4,0625
CLONE	3	9407,1654**
ERRO2	195	323,0313
CV 1(%)	2,15	
CV 2(%)	19,15	

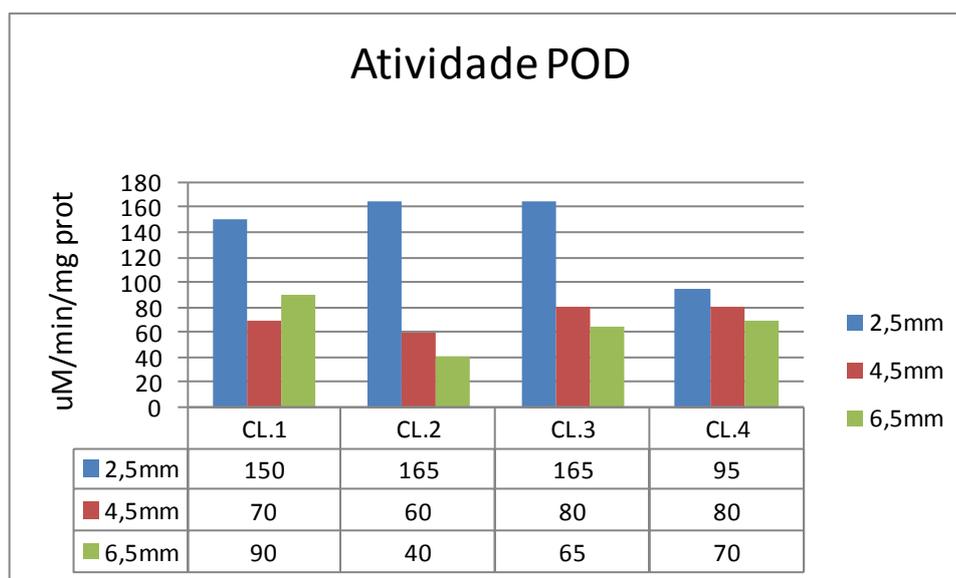


Figura 7. Atividade da enzima POD para os diferentes clones e lâminas de irrigação.

## 4.2 Manejo hídrico na produção de mudas

### 4.2.1 Experimento B1

No geral, as lâminas do viveiro foram estatisticamente diferentes para massa seca da raiz, resultados também observados por Silva et al (2004). As alturas

foram diferentes para os clones, sendo que o clone 4 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* – A08) mostrou a maior altura, seguidos pelos clones 1 (híbrido espontâneo de *E. urophylla* – clone 144) e clone 3 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* – clone 1277) que não diferiram significativamente entre si. O clone 2 (híbrido espontâneo de *E. urophylla* – clone 224) apresentou as menores alturas (Tabelas 24 e 25) e o clone 4 foi superior a todos, tanto para a altura de plantas, como para o diâmetro do colo. Isto mostra que considerar as diferenças entre genótipo é muito importante na produção de mudas (CHAVES et al., 2003), pois as respostas entre os diferentes clones são diferentes para cada um, dependendo do ambiente em que estão se desenvolvendo (PRYOR, 1971; WHITE et al., 2000). Cada genótipo se adapta melhor a situações particulares. Considerando as medições de diâmetro, o maior valor foi para o clone 4, na lâmina de 8 mm, seguido pelo clone 1, na lâmina de 11mm; a maior massa seca de raiz foi produzida pelo clone 1.

Na análise de variância (Tabela 17) para massa seca radicular (MSR), houve interações significativas entre clones x lâminas do viveiro e clones x lâminas do jardim clonal. As variáveis altura e IQD foram influenciadas pela lâmina do jardim clonal e houve interação entre clone x lâmina do viveiro. Para o diâmetro houve interação entre clone x lâmina do viveiro.

Tabela 17. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para altura (H), diâmetro (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) e massa seca de raiz (MSR)

FV	GL	QM			
		H	D	IQD	MSR
L.J.CLONAL	2	45,3851**	0,076599ns	0,022901*	0,053895ns
CLONE	3	359,3282	0,17373ns	0,005140ns	0,240058**
L.VIVEIRO	1	47,2248ns	0,58667ns	0,000006ns	0,463603**
CLONE * L.VIVEIRO	3	38,9964**	1,854709**	0,048042**	0,273590**
CLONE * L.J.CLONAL	6	20,7104ns	0,448776ns	0,013806ns	0,178086**
L.VIVEIRO * L.J.CLONAL	2	208,07475	0,038565ns	0,010940ns	0,006837ns
REP. PLANTA	5	6,84303ns	0,177978ns	0,002129ns	0,020756ns
ERRO	409				
CV%		17,90	19,52	43,76	40,11

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \* - significativo a 5% de probabilidade

Observa-se na Tabela 18, que para todos os clones a altura das mudas não foi influenciada pelas lâminas aplicadas no jardim clonal e em cada lâmina verificou que o clone 4 mostrou as maiores médias de altura. As lâminas, tanto do jardim clonal, quanto do viveiro, não influenciaram na altura deste clone. No entanto, o clone 2 apresentou as menores médias em altura.

Tabela 18. Alturas médias de mudas clonais de eucalipto aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal e na produção das mudas.

Clone	Altura (cm)				
	Jardim Clonal			Viveiro	
	4 mm	7 mm	10 mm	8 mm	11 mm
1	20,0 ab A	21,3 b A	21,8 ab A	19,9 b B	22,2 a A
2	18,5 b A	18,4 c A	17,4 c A	17,7 c A	18,6 b A
3	19,7 ab A	20,5 bc A	20,0 ab A	20,3 b A	19,9 b A
4	21,1 a A	23,6 a A	22,7 a A	22,6 a A	22,4 a A

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade

Na interação entre as lâminas do Jardim Clonal e do Viveiro (Tabela 19) observou-se que quando as cepas no jardim clonal recebiam a menor lâmina (4 mm) e recebiam a lâmina de 8mm no viveiro, as plantas cresciam mais do que quando recebiam uma lâmina de água maior; e quando as cepas no jardim clonal recebiam a maior lâmina (10mm) e no viveiro recebiam uma lâmina menor, as mudas não cresciam tanto. Já para as cepas que recebiam a lâmina média no jardim clonal, e no viveiro uma lâmina de 8mm, ou a de 11mm, não apresentavam diferenças no crescimento, mostrando que o crescimento tem grande relação de acordo com a lâmina dada no jardim clonal. A menor lâmina do jardim clonal induziu à melhor resposta de crescimento em altura quando se aplica uma lâmina superior ao que recebeu no jardim clonal, mostrando que, quando as cepas recebem pouca água no jardim clonal, há certa adaptação das mudas para tal lâmina e quando no viveiro recebem lâmina não tão alta a que recebeu no jardim clonal, as mudas que foram clonadas se adaptam melhor. Portanto tem que se adequar a quantidade de água aplicada ao jardim clonal com a quantidade de água a ser oferecida no viveiro, não adianta colocar a água numa quantia maior, pois as mudas respondem proporcionalmente as

lâminas de água aplicadas no jardim clonal, com isso evita-se o desperdício de água e lixiviação de nutrientes ( FOX; MONTAGUE, 2009).

Tabela 19. Interação entre as lâminas do viveiro e do jardim clonal para a altura de plantas.

Viveiro	Altura (cm)		
	Jardim Clonal		
	4mm	7mm	10mm
8mm	20,6 a A	20,9 a A	18,8 b B
11mm	19,1 b B	21,1 a A	22,1 a A

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade.

O diâmetro foi influenciado pela interação do clone x lâmina de irrigação na produção de mudas (Tabela 20). Quando irrigado com a menor lâmina (8mm) não houve diferença entre clones, mas quando irrigado com a lâmina maior (11mm) o clone 1 e 4 diferiram entre si, sendo que as mudas com maior diâmetro foram do clone 1 e do menor as do clone 4. Os clones 1 e 2 produziram mudas com maior diâmetro quando irrigadas com maior lâmina. O clone 3 não foi influenciado e o clone 4 apresentou mudas com maior diâmetro quando irrigadas com a menor lâmina de irrigação.

Tabela 20. Diâmetros médios de mudas clonais de *Eucalyptus* spp, aos 90 dias após estaqueamento, em função de diferentes lâminas de irrigação no viveiro

Clones	Produção de	
	8mm	11 mm
<b>1</b>	3,00 a B	3,32 a A
<b>2</b>	3,00 a B	3,24 ab A
<b>3</b>	3,07 a A	3,07 ab A
<b>4</b>	3,22 a A	2,96 b B

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade

Com relação à MSR, os clones 2 e 4 apresentaram maiores valores quando irrigados no jardim clonal com a lâmina intermediária (7mm), diferentemente do clone 1, que obteve maiores valores na menor lâmina (4mm). O clone 3 teve sua MSR influenciada pela lâmina do jardim clonal, e foi maior na lâmina de 7 e 10mm (Tabela 21).

Não houve diferença entre clones quando aplicadas as lâminas maiores (7 e 11mm), mas quando aplicada a menor lâmina (4mm), o clone 1 produziu mudas com maiores MSR.

Com relação às lâminas aplicadas na produção das mudas, os clones 1 na lâmina de 11mm, e o clone 4 nas lâminas de 8mm e 11mm, produziram maiores MSR.

Tabela 21. Interação dos clones com as lâminas do viveiro e a interação dos clones com as lâminas do jardim clonal para massa seca raiz.

Clones	Massa Seca Raiz (g)				
	Jardim Clonal			Produção de Mudanças	
	4 mm	7 mm	10 mm	8mm	11 mm
1	0,69 a A	0,54 a B	0,55 a B	0,51 b B	0,68 a A
2	0,43 b B	0,56 a A	0,45 a AB	0,41 b B	0,55 b A
3	0,52 b A	0,55 a A	0,58 a A	0,55 a A	0,54 b A
4	0,49 b B	0,62 a A	0,57 a AB	0,57 a A	0,54 b B

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de cada ambiente, não diferem significativamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 22 e Figura 8, dentro da mesma lâmina de irrigação do jardim clonal (4mm) e na produção de mudas (8mm e 11mm), os clones tiveram influência significativa na produção de mudas para o IQD, sendo que o melhor valor ocorreu para o clone 1, para todas as lâminas do jardim clonal e do viveiro (produção de mudas).

Tabela 22. Valores de IQD médios de mudas clonais de eucalipto, aos 90 dias, após estaqueamento, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

Clones	IQD				
	Jardim Clonal			Produção de Mudanças	
	4 mm	7 mm	10 mm	8 mm	11 mm
1	0,22 a A	0,20 a A	0,20 a A	0,19 a AB	0,23 a A
2	0,17 abA	0,22 a A	0,20 a A	0,18 a B	0,22 a A
3	0,19 abA	0,20 a A	0,21 a A	0,21 a A	0,19 a A
4	0,16 b B	0,22 a A	0,19 a AB	0,22 a A	0,17 b B

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade

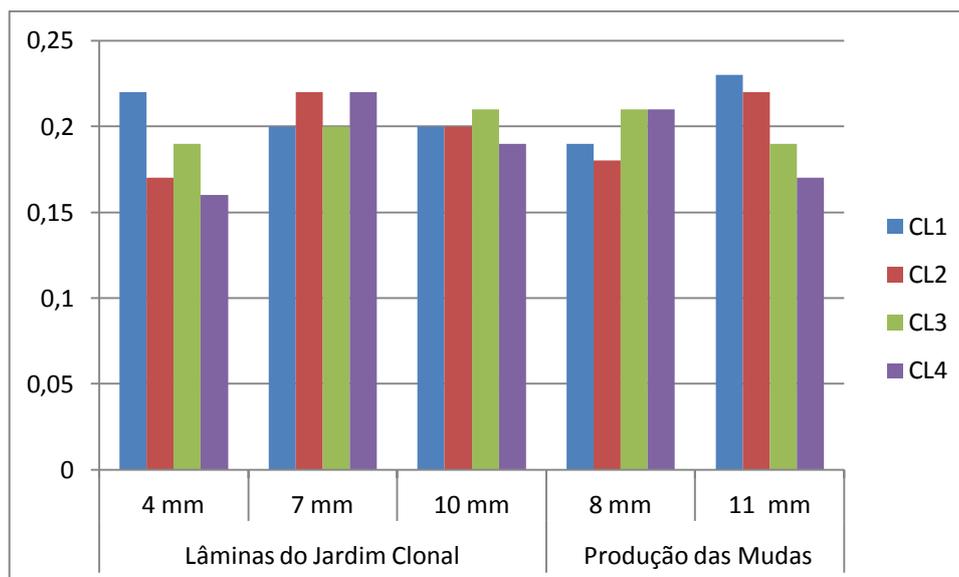


Figura 8. Histograma dos valores de IQD médios de mudas clonais de *Eucalyptus* spp, aos 90 dias após estaqueamento, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

#### 4.2.2 Experimento B2

O teste F mostrou que a altura e o diâmetro dos clones foram influenciados pelo clone e lâmina do jardim clonal. A qualidade do sistema radicular das mudas não foi influenciada dos fatores testados.

Tabela 23. Análise de variância e teste F para os caracteres de crescimento avaliados para altura (H), diâmetro (D) e qualidade de raiz (QR).

FV	GL	QM		
		H	D	QR
CLONE	3	90,88**	1,67**	0,13ns
LJC	2	121,35**	0,83**	0,49ns
LV	2	20,77 ns	1,90**	0,42ns
FREQV	1	8,69 ns	0,45ns	0ns
CLONE*LJC	6	5,82 ns	0,34**	0,23ns
CLONE*LV	6	10,22 ns	0,03ns	0,38ns
CLONE*FREQV	3	5,52 ns	0,23ns	0,10ns
REP	2	14,95 ns	0,38*	0,22ns
CV erro 1		12,62	14,24	22,04

Teste F: ns – não significativo; \*\* - significativo a 1% de probabilidade, \* - significativo a 5% de probabilidade. Onde: LJC – lâmina no jardim clonal, LV – lâmina no viveiro e FREQV – frequência no viveiro.

A Tabela 24 mostra que a altura das mudas do clone 4 não foi influenciada pelos manejos hídricos aplicados no jardim clonal para este experimento, mas independente da lâmina aplicada no jardim clonal, sua altura foi superior aos demais clones. Já para os demais clones (1, 2 e 3) a altura das mudas foi influenciada pela lâmina de irrigação aplicada às cepas no jardim clonal, sendo que a lâmina menor (2,5mm) do jardim clonal, mostrou resultados superiores em altura em comparação à lâmina maior (6,5mm). Quando aplicada a lâmina intermediária (4,5mm) todos os clones resultaram em alturas semelhantes das mudas. Quanto á lâmina de irrigação de (6,5mm), as mudas do clone 4 superaram as demais.

As lâminas de irrigação aplicadas na produção das mudas não influenciaram as alturas das mesmas para todos os clones. Quando aplicada a menor lâmina às mudas (8mm), os clones 2 e 4 se diferenciaram, sendo o menor valor encontrado nas mudas do clone 2. Na lâmina intermediária (11mm) todos os clones tiveram valores semelhantes e na maior lâmina (14mm) o clone 4 foi superior aos clones 2 e 3.

Tabela 24. Alturas médias de mudas clonais de *Eucalyptus* spp aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal e na produção de mudas.

Clones	Jardim Clonal			Produção de Mudás		
	2,5mm	4,5mm	6,5mm	8mm	11mm	14mm
1	24,2 ab A	23,1 a AB	21,2 b B	21,7 ab A	23,2 a A	23,6 ab A
2	22,6 b A	21,6 a AB	19,9 b B	20,4 b A	21,8 a A	21,9 b A
3	24,3 ab A	22,7 a AB	20,8 b B	22,7 ab A	22,9 a A	22,2 b A
4	25,4 a A	24,1 a A	24,1 a A	24,4 a A	23,6 a A	25,5 a A

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas dentro de cada fator, não diferem significativamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

O clone 4 (*E.urophylla* x *E. grandis* – clone A08) mostrou ser o menos sensível a baixos níveis de água, aplicados ao jardim clonal, seguido dos clones 1 e 2, ambos híbridos de *E.urophylla*. O estudo de Lemcoff et al. (1994) mostrou que mudas de *Eucalyptus* apresentaram uma capacidade de ajustamento osmótico em resposta à seca da ordem de 14%.

Na produção de mudas as brotações são muito sensíveis a falta de água quando o processo metabólico é intenso e a planta precisa de bom controle estomático

para manter-se saudável (REIS; HALL, 1987). Neste estudo, os autores relatam que apesar de o número de estômatos na brotação do *E. camaldulensis* ser maior do que no *E. grandis* e no *E. urophylla*, sua condutância estomática é maior e por isso pode desenvolver intenso processo respiratório, com grande consumo de reservas, e com consequente desenvolvimento inferior da parte aérea quando comparado aos demais clones (REIS; HALL, 1987).

No presente estudo, todos os clones estudados mostraram bom desenvolvimento no viveiro. As mudas oriundas da menor lâmina do jardim clonal (2,5mm), apesar do número de brotos no jardim clonal terem sido menores nessa lâmina de água, porém os brotos apresentaram mais vigorosos os quais puderam dar bons resultados em relação a crescimento, na fase posterior que foi a de produção de mudas.

Os valores encontrados para a altura das plantas estão dentro dos padrões encontrados em literatura, sendo que para plantio comercial as mudas devem estar em torno de 20 a 40 cm de altura, segundo Xavier e Silva (2010), o qual vai depender também da idade da muda (REIS et al, 2008) e entre 15 a 25 cm para Wendling (2010).

Para a lâmina de 2,5mm do jardim clonal, os clones tiveram resultados semelhantes. Os clones 1 e 4, tiveram os maiores diâmetros independentes da lâmina de irrigação tanto no jardim clonal quanto na produção de mudas. Considerando a lâmina de irrigação na produção das mudas, os clones 2 e 3 tiveram comportamento semelhantes. A lâmina intermediária produziu mudas com menores diâmetros. Todos os clones apresentaram valores semelhantes de diâmetro quando irrigados na lâmina intermediária (11mm). Nas lâminas de 8 e de 14mm, os maiores valores foram encontrados nos clones 1 e 4.

Tabela 25. Diâmetros (cm) médios de mudas clonais de *Eucalyptus* spp, aos 90 dias após estaqueamento, em função de diferentes lâminas de irrigação no Jardim Clonal

Clones	Lâmina Jardim Clonal			Lâmina Produção das Mudas		
	2,5 mm	4,5 mm	6,5 mm	8 mm	11 mm	14 mm
Diâmetro (mm)						
1	2,82 a A	2,58 ab AB	2,52 ab B	2,75 ab A	2,41 a B	2,76 ab A
2	2,56 a A	2,35 b A	2,29 bc A	2,53 b A	2,26 a A	2,41 c A
3	2,53 a A	2,55 ab A	2,13 c B	2,49 b A	2,24 a A	2,48 bc A
4	2,69 a A	2,77 a A	2,80 a A	2,86 a A	2,53 a B	2,87 a A

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a qualidade do sistema radicular não houve diferenças estatísticas entre as lâminas aplicadas no jardim clonal (Tabela 26). Na fase de produção de mudas, somente o clone 4 sob a lâmina de 11mm foi estatisticamente melhor do que quando usada a lâmina de 8mm.

Tabela 26. Qualidade do sistema radicular de mudas clonais de *Eucalyptus* spp aos 90 dias após estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal estaqueamento em função de diferentes lâminas de irrigação no jardim clonal .

CLONES	Jardim Clonal			Produção de Mudás		
	2,5 mm	4,5 mm	6,5 mm	8 mm	11 mm	14 mm
1	2,1 A	2,2 A	2,1 A	2,2 A	2,1 A	2,1 A
2	2,1 A	2,3 A	1,9 A	2,0 A	2,0 A	2,2 A
3	2,0 A	2,2 A	2,0 A	1,9 A	2,0 A	2,2 A
4	2,0 A	2,1 A	2,3 A	1,9 B	2,3 A	2,1 AB

Médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

## 5 CONCLUSÕES

Para o experimento realizado no jardim clonal, durante o período de primavera/verão com as lâminas 4, 7 e 10 mm, não houve influência nas características morfológicas (quantidade de brotos e a massa seca) e nas fisiológicas (no índice de cor verde das mudas e % de enraizamento). Estas características sofreram influência do fator clone, sendo que o clone 3 (híbrido entre *E. grandis* x *E. camaldulensis*) apresentou os menores valores.

Para o experimento realizado no jardim clonal durante o período de outono/inverno com as lâminas 2,5, 4,5 e 6,5 mm, houve influência somente sobre a produção de brotos no mês de junho, sendo que a menor lâmina produziu menor quantidade. Os clones se comportaram diferentemente tanto para as características morfológicas quanto para as fisiológicas, sendo que os clones híbridos oriundos de *E. urophylla* mostraram os melhores resultados em ambos experimentos. A lâmina de 2,5 mm comprometeu a produção de brotos de todos os clones, e apresentou maior atividade da enzima peroxidase, que está ligada a situações de estresse.

Os experimentos com a produção de mudas demonstraram que há interações entre o manejo hídrico aplicado no jardim clonal e o manejo hídrico aplicado às

mudas e que ainda há efeitos diferentes destas interações entre clones. Mudanças produzidas a partir de brotos oriundos do jardim clonal com lâminas menores (2,5 e 4,0 mm) tiveram maior desenvolvimento quando aplicada a lâmina menor na produção de mudas (8mm).

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASAMAA, K.; SOBER, A. Stomatal sensitivities to changes in leaf water potential, air humidity, CO<sub>2</sub> concentration and light intensity, and the effect of abscisic acid on the sensitivities in six temperate deciduous tree species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, p. 72-78, 2011.

ABRANS, M. C.; KLOEPPPEL B. D.; KUBISKE M. E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 10, p. 343-355, 1992.

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

ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. Sob diferentes níveis de radiação**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa( *Cedrela fissilis Vell.*) e de ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia (Vahl)* produzida em diferente substrato e tubetes**, 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 238-250, jan./dez. 2000.

BAURLE, W. L.; POST, C. J.; McLEOD, M.F.; DUDLEY, J. B.; TOLER, J. E.. Measurement and modeling of transpiration of a temperature red maple container nursery. **Agricultural and Forests Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 45-57, 2002.

BENYON, R. G.; MARCAR, N. E.; CRAWFORF, D. F.; NICHOLSON, A. T. Growth and water use of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. occidentalis* on a saline discharge site near Wellington, NSW, Australia. **Agricultural Water Management**, v. 39, n. 2, p. 229-244, 1999.

BEESON, R. C.; KNOX, G. W. Analysis of efficiency of overhead irrigation in container production. **HortScience**, Florida, v. 38, n. 7, p. 1374-1378, 2003.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* e *pinus elliottii***. 2007, p.54. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BIRCHLER, T.; ROSE, W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal:revision del concepto, parâmetros definitivos e implementación práctica. **Investigação Agraria: Sistemas y Recursos Florestales**, Madri, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL, M. F. Chlorophyll meter reading in corn as affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 24, n. 17, p. 2507-2516, 1993.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JHONSTON, D.; CLEINIG, D. A.; MACDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Collingwood: CSIRO Publishing, 2006. 84 p.

BORTOLINI, F.; DALL'AGNOL, M.; BISSANI, C. A. Características morfofisiológicas associadas a tolerância a seca de sete genótipos da coleção nuclear de trevo branco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 9, p. 1632-1638, 2011.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science Journal**, Washington, v. 218, p. 443-448, 1982. DOI: 10.1126/science.218.4571.443

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, p. 1158-1249, 2000.

CALDEIRA, V. M. W.; DELARMELINA, W. M.; LUBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p.77-84, 2012.

CASTRO, E. M.; GAVILANES, M.; ALVARENGA, A. D.; CASTRO, D. D.; GAVILANES, T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* L. *Sleumer*, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 8, n. 4, p. 31-35, 1998.

CHANDRA, A.; BHATT, R. K.; MISRA, L. P. Effect of water stress on biochemical and physiological characteristics in oat genotypes. **Journal Agronomical Crop Science**, v. 181, n. 1, p. 45-48, 1998.

CHAVASSE, C. G. R. The significance of planting height as an indicator of subsequent seedling growth. **New Zealand Journal of Forestry**, Rotorua, v. 22, n. 1, p. 283-296, 1977.

CHAVES, J. H.; REIS, G.G.; REIS, M J. F.; NEVES, J.C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: Relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n 3, p.333-341, 2004.

CHAVES, M. M.; MAROCO J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30, p. 239-264, 2003.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1-16, 2009.

CLEWELL, A.; RIEGER, J. P. What practitioners need from restoration ecologists. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 350-354, 1997.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C.O; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*(Mart.) Standley). **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, dez. 2004.

CUNHA, A. R.; MARTNS P. Classificação climática para o município de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

D´ÁVILA, F. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, 2011.

DAVIS, A. S.; JACOBS D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relatinhip to outplanting performance. **New Forests**, Dordrecht, v. 30, n. 2, p. 295-311, 2005.

DEL QUIQUI, E.; MARTINS, S. S; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedência de *Eucalyptus* spp. Para o Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scintiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

ELOY, E.; ARON C. B.; SCHMIDT D.; BEHLING A.; SCHWERS L.; ELLI E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, jul./set. 2013.

EWERS, B. E.; OREN, R.; SPERRY, J. S. Influence of nutrient versus water supply on hydraulic architecture and water balance in *Pinus taeda*. **Plant Cell & Environment**, Oxford, v. 23, n. 10, p. 1055-1066, 2000.

FARAH, A.; FECHTAL M.; CHAOUCH A. The essential oils of *Eucalyptus camaldulensis* and its natural hybrid (clone 583) from Marocco, **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 17, p. 395-397, 2002.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estress oxidativo. **Rev. Ass Med Brasil**, Botucatu, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FERREIRA, F. A. Patologia florestal. **Principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa MG. SIF/UFV. 1989.

FLEXAS J.; BOTA, J.; SIFRE, J.; ESCALONA, J. M.; GALMÉS, J.; GULÍAS, J.; LEFI, E. K.; MARTÍNEZ-CANELLAS, S. F.; MORENO, M. T.; RIBAS-CARBÓ, M.; RIERA, D.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H.. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. **Annals of Applied Biology**, v. 144, n. 3, p. 273-283, 2004.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and no stomatal limitations. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, n. 2, p. 83-189, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

FONSECA, S. M. da.; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. da S.; ASSIS, T. F. de; GRATTAPAGLIA, D. Manual prático de melhoramento genético de eucalipto. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 200 p. il. color. **Biblioteca(s)**: Embrapa Agroenergia; Embrapa Florestas.

FOX, L.; MONTAGUE, T. Influence of irrigation regime on growth of select field grown tree species in a semi arid climate. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 134-138, 2009.

FUNKHOUSER, E. A.; NEWTON, R. J. Cellular and molecular responses to water deficits stress in wood plants. In: Pessarakli M. **Handbook of plant and crop stress**, Marcell Dekker inc., New York, 1994. p. 374-362.

GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J. F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant Growth Regulations**, Cidade, v. 37, n. 3, p. 263-285, 2002.

GODOY, J. G. L.; SANTOS, T. S.; VILLAS BOAS, R. L.; LEITE, J.J. B. Índice Relativo de Clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertiirrigado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Registro, v. 32, p. 217-226, 2008.

GOMES, J. M.; PAIVA H. M. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; CHAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GUIMARÃES, C.M. **Efeitos fisiológicos do stress hídrico**. 1980. 205 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1980.

GRIFFINTHS, H.; PARRY, M. A. J. Plant responses to water stress. **Annals of Botany**, Victoria, v. 89, p. 801-802, 2002.

HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA A. G.; PITTS, D. J. Uniformity of sprinkler and microirrigation systems for nurseries: field evaluation of container nursery irrigation systems: measuring uniformity of water application of microirrigation systems1, 2003. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu>>.

HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* : princípios básicos e sua evolução no Brasil. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.192, p. 11, jan./fev. 2000.

HODGE, T. F. Predict crop phenology. Boca Raton: CRC, 2009. p.233.  
HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant physiology**, Palo Alto, v.24, p.570, 1973.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Proceedings of Target seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations, 1990, Roseburg. Fort Collins USDA: Forest Service; 1990. P.218-222. General Technical Report RM 200.

ISMAEL, A.; MARJAM, Z. M.; FOONG, C. H. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chem**, Washington, v. 4, p. 581-586, 2004.

- JACOBS, D. F.; SALIFU, K. F.; SEIFERT, J. R. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests**, Dordrecht, v. 30, n.2, p. 235-251, 2005.
- KNOZER, O. C., DURNER, J., BORGER, P. Alterations in the antioxidative system of suspension-cultured soybean cells (*Glycine max*) induced by oxidative stress. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, p. 388-396, 1996.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S.G. **Physiology of Wood plants**. 2 ed., San Diego, 1996. 411 p.
- KRAMER, P. J.; BOYER J. C. **Water relations of Plants and Soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.
- LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; MCDONALD, S.E. Y BARNETT, J.P. **The Container Tree Nursery Manual**. Vol. 4 Seedling Nutrition and Irrigation, Agriculture Handbook 674, USDA, Forest Service, Washington, 119 pp, 1989.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 531p. 2004.
- LAWLOR, D. W. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, p. 871-885, 2002.
- LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 331-335, 1996.
- LEMCOFF, J. H.; GUARNASCHELLI A.B.; GARAU A.M.; BASCIAULI M.E; GHERSA C.M. Osmotic adjustment and its use as a selection criterion in *Eucalyptus* seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, Edmonton, v. 24, n.12, p. 2404-2408, 1994.
- LINDQVIST, H.; ONC, C. K.; Using morphological characteristics for assessing seedling vitality in small scale nurseries in Kenya. **Agroforestry systems**, San Diego, v. 64, n. 2, p. 89-97, 2005.
- LOPES, J. L. W; GUERRINI I. A.; SAAD J. C. C. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, set./out. 2007.

LOPES, J. L. W. GUERRINI, I. A.; RIBEIRO, M. S.; SAAD, J. C. C.; LOPES, C. F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 31, 2011.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environments, **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 43, p. 107-153, 1990.

MACHADO, P. S. **Erradicação de inóculo de fitopatógenos na água de irrigação de viveiros florestais**. 2011. 27 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-M. G., 2011.

MAÑAS P.; CASTRO E.; DE LAS HIERAS, J. Quality of maritime pine( *Pinus pinaster* Ait) seedling using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, Dordrecht, v. 37, n. 3, p. 295-311, 2009.

MARTINS, M. O. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

MASON, E. G. A model of the juvenile growth and survival of *Pinus radiata* D. Don; adding the effects of initial seedling diameter and plant handling. **New Forests**, Dordrecht, v. 22, n. 1, p. 133-158, 2001.

MATISSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 223-248, 1997.

MAYERS, B. J.; LANDSBERG, J. J. Water stress and seedling growth of two Eucalypt species from contrasting habitats Physiology contrasting habitats. **Tree Physiology**, Victoria, v. 5, p. 207-208, 1989. Downloaded from <http://treephys.oxfordjournals.org/> by guest on February 20, 2013

McKAY, H. M. A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. **New Forests**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 369-399, 1997.

MERCHANT, A.; ADAMS, M.A. Stable osmotica in *Eucalyptus spathulata* – responses to salt and water deficit stress. **Functional Plant Biology**, v. 32, p.797–805, 2005.

MITCHELL, R. J.; ZUTTER, B. R.; SOUTH, D. B. interaction between weed control and *loblolly pine*, *Pinus taeda*, seedling quality. **Weed Technology**, v. 2, n. 2, p. 191-195, 1998.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MODNA, D.; DURIGAN G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Elgem como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região do Cerrado, Assis, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

MORAES, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terbenthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 23-29, 2012.

NIELSEN, I. R. **Utilização de madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas**. 1998. 109 f. Dissertação ( Mestrado em Eng. Florestal )-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

OLIVO, V. B.; BUDUBA, C. G. Influence of six substrates in *Pinus ponderosa* grow in containers under greenhouse conditions. **Bosque**, Valdivia, v. 27, n. 3, p. 267-271, 2006.

PALUDZYSZYN, E. F. **Sistema de Produção 4**. Colombo: Embrapa Floresta, 2003.

PITA, P.; PARDOS, J. A. Growth, leaf morphology, water use and tissue water relations of *Eucalyptus globulus* clones in response to water deficit. **Tree Physiology**, Victoria, v. 21, n. 9, p. 599-607, 2001.

PRYOR, L. D.; EAMUS, D.; DUFF, G.A. Seasonal and diurnal patterns of carbon assimilation, stomatal conductance and leaf water potential in *Eucalyptus tetradonta* sampling in a wet-dry savanna in northern Australia. **Australian Journal of Botany**, Collinwood, v. 45, p. 241-258, 1997.

PRYOR, L. D. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 2, p. 53-59, 1971.

REIS, E. R.; LUCIO, A. D. C.; FORTES, F. O.; LOPES, S. J.; SILVEIRA, B. D. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 809-814, 2008.

REIS, G. G.; HALL, A. E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 43-55, 1987.

SANTOS R. F.; CARLESSO R. Déficit hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SHULTZ, H. R.; MATTEWS, M. A. Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 287-294, 1993.

SHVALEDA, A. L.; SILVA, F. C.; BREIA, A.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J. F.; ALMEIDA, M. H.; MAROCCO, J. S.; CHAVES, M. M. Metabolic responses to water deficit in two *Eucalyptus globulos* clones with contrasting drought sensitivity. **Tree Physiology**, Victoria, v. 26, p. 239-248, 2005.

SILVA, F.C.; SHVALEDA, A. L.; MAROCO, J. S.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, Victoria, v. 24, n. 10, p. 1165-1172, 2004.

SILVA, C. F.; SHVALEDA, A. L.; BROETTO, F.; ORTUNO, M. F.; RODRIGUES, M. L.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Acclimation to short temperatures in two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought resistance. **Tree Physiology**, Victoria, v. 29, p. 77-86, 2008.

SILVA, C. F.; SHVALEDA, A. L.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Metabolic responses to chilling of two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought resistance. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 34, n. 9, p. 793-802, 2007.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E. PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus Grandis* (Hill ex. Maiden) **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004.

SILVA R. B. G.; SIMÕES D.; SILVA M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função do substrato. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 397-302, 2012.

SIMPSON, D. G. Cold hardness, root growth potencial and field performance relations in interior spruce, lodge pine, Douglas fir, and western hemlock seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, Edmonton, v. 20, n. 5, p. 566-572, 1990

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potencial of water. **Australian Journal of plant physiology**, Collingwood, v. 12, n. 3, p. 214-217, 1985.

SOUTH, D. B.; BOYER, J. N.; BOSCH, L. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 years results. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 9, n. 2, p. 76-81, 1985.

SOUZA, A. S.; JUNGHANS, T. G. **Introdução a micropropagação de plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 152 p.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Cambridge, v.148, 1965. p.339-346.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brasil. **New Forests**, Dordrecht, v. 22, v. 1, p. 19-41, 2001.

STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.) **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 105-111, 2002.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa Floresta, 2000. p. 125-150..

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. M.; REIS, E. F. Avaliação do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Revista Cerne**, Lavras, V.13, N. 1, P.1-9, 2007

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

TURNER, N. C., Further progress in crop water relations. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. New York: Academic Press, 1997. p. 293-337.

TYLER, H. H.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Reduced leaching Fractions improve irrigation use efficiency and nutrient efficacy. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 14, n. 4, p. 200-205, 1996.

WARREN, S. L.; BILDERBAC, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTecnology**, v. 15, n. 1, p. 14-18, 2005.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiro e produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p.

WENDLING, I. Sistema do cultivo do Eucalipto: sistemas de produção 4. 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. Disponível em: <<http://sistemas.de.produção.cnptia.embrapa>>. Acesso em: 3 set. 2013.

WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric Eucalyptus species planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, Victoria, v. 20, p. 1157-1165, 2000.

WIKBERG, J.; ÖGREN, E. Variation in drought resistance, drought acclimation and water conservation in four willow cultivars used for biomass production. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, n. 9, p. 1339-1346, 2007.

WINGLER, A.; LEA, P. J.; QUICK, W. P.; LEEGOOD, R. C. Photorespiration: metabolic pathways and their role in stress protection. Philosophical transaction of the Royal Society of London. **Biological sciences**, v. 355, n. 1402, p. 1517-1529, 2000.

XAVIER, A.; SILVA L. R. Evolução da silvicultura clonal de Eucalyptus no Brasil. **Agron.Costarricense**, San Pedro de Montes de Oca, v. 344, n. 1, , 2010.

ZATEV, Z. S.; YARDANOV, I. T. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. **Plant Physiology**, California, v. 30, n. 3, p. 3-18, 2004.