

JHEYSON JERZEL VALDIVIA GÓMEZ

**BANDEJAS COLETORAS X BANDEJAS TRADICIONAIS NA PRODUÇÃO DE
MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Botucatu

2021

JHEYSON JERZEL VALDIVIA GÓMEZ

**BANDEJAS COLETORAS X BANDEJAS TRADICIONAIS NA PRODUÇÃO DE
MUDAS CLONAIAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada a Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu para a obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

Orientadora: Prof^a Dr^a Magali Ribeiro da
Silva

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Simões

Botucatu

2021

G633b

Gómez, Jheyson Jerzel Valdivia

Bandejas coletoras x Bandejas tradicionais na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes lâminas de irrigação / Jheyson Jerzel Valdivia Gómez. -- Botucatu, 2021
100 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Magali Ribeiro da Silva

Coorientador: Danilo Simões

1. viveiro florestal. 2. irrigação. 3. manejo hídrico. 4.
desenvolvimento em campo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

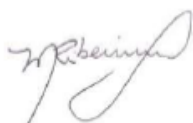
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: BANDEJAS COLETORAS X BANDEJAS TRADICIONAIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

AUTOR: JHEYSON JERZEL VALDIVIA GÓMEZ

ORIENTADORA: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

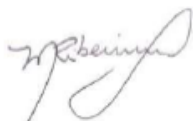
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. Ribeiro da Silva", is shown.

Prof.ª Dr.ª MAGALI RIBEIRO DA SILVA (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. de Menezes Trigueiro", is shown.

Prof. Dr. RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO (Participação Virtual)
Núcleo de Ensino à Distância / Universidade do Norte do Paraná

A handwritten signature in black ink, appearing to read "G. Ferreira", is shown.

Prof.ª Dr.ª GISELA FERREIRA (Participação Virtual)
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Botucatu, 26 de fevereiro de 2021

Aos meus amados avós,
Inés e Medardo,
dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte da vida, conhecimento, solidariedade, amor e esperança nesse mundo.

À minha família, especialmente aos meus pais, Silvia e Jesús, meus irmãos Yolanda e Jesús, minhas sobrinhas Brenda, Kori e Camanti e sobretudo meu filho Joaquín pelo apoio incondicional.

À Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professora.

Ao Prof. Dr. Danilo Simões, pela co-orientação.

Ao Claudinho pelo ensino durante a fase de viveiro.

Ao Jhuan, que além da sua amizade, me ensinou que ficar longe da família não é causa de ficar carente, pelo contrário é causa de orgulho por demonstrar que podemos oferecer mais do que pensamos e quando voltarmos em casa o sorriso de felicidade de nossa família demonstrou que tudo valeu a pena.

A Faculdade de Ciências Agronômicas e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal pela oportunidade de realização do mestrado.

À empresa Agrystems pela doação das bandejas coletoras

Ao PRONABEC – Programa Nacional de Beca y Crédito Educativo, pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

A busca por eficiência no uso de água na produção de mudas florestais é cada vez maior, estimulando o desenvolvimento de novos produtos. Um destes produtos, é a bandeja que devido à inovação na sua estrutura direciona a água de irrigação para o tubete reduzindo as perdas causadas pelos espaços vazios. Uma vez que a água é direcionada para os tubetes, a lâmina de irrigação precisa ser ajustada. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar como as bandejas e lâminas de irrigação influenciam o desenvolvimento de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla*, determinar a lâmina mais adequada para aplicar às mudas em cada bandeja e avaliar como o manejo no viveiro influencia o desenvolvimento inicial no campo. O delineamento experimental na fase do viveiro foi o inteiramente casualizado em esquema com parcelas subdivididas 4x2, sendo quatro lâminas de irrigação diárias de (8, 11, 14 e 17mm) e dois tipos de bandejas (tradicional e coletora) totalizando 8 tratamentos com 4 repetições de 32 mudas. Quanto ao experimento de campo, as mudas dos 8 tratamentos do viveiro foram implantadas em blocos casualizados com parcelas de 18 mudas. As variáveis analisadas ao final do ciclo de produção na fase do viveiro, 90 dias após estaqueamento foram: altura, diâmetro do colo, relação altura/diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca radicular, massa seca total, índice de qualidade de Dickson, conformação do sistema radicular, área foliar, transpiração diária, potencial hídrico foliar, intensidade da coloração verde das folhas, trocas gasosas, teor e acúmulo de macro e micronutrientes. As variáveis analisadas na fase de campo foram: sobrevivência aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP), altura e diâmetro do colo aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAP. Os resultados demonstraram que a bandeja coletora é mais eficiente na captação da água para o desenvolvimento de mudas, pois a menor lâmina de irrigação (8mm) foi suficiente para produzir mudas com maior desenvolvimento e qualidade. Enquanto as mudas da bandeja tradicional precisam da maior lâmina de irrigação (17mm) para atingir resultado semelhante. As bandejas e as lâminas de irrigação influenciaram na sobrevivência no campo, sendo os melhores resultados (97%) obtidos com as mudas da bandeja coletora produzidas com 8 e 11m. Os melhores resultados para as mudas da bandeja tradicional foram obtidos com as lâminas de 11 e 17mm (94,5%). Os tratamentos aplicados às mudas, durante sua produção no viveiro, tiveram efeito sobre seu crescimento no campo somente até os 60 dias após plantio.

Palavras-chave: viveiro florestal; irrigação; manejo hídrico; desenvolvimento em campo.

ABSTRACT

The search for efficiency water use in the production of forest seedlings is increasing, stimulating the development of new products. One of these products is the tray which, due to the innovative structure, directs the irrigation water to the tube, reducing losses caused by empty spaces. Once the water is directed into the tubers, the irrigation depths need to be adjusted. The aims of this study were therefore to assess how trays and irrigation depths influence the development of *Eucalyptus urophylla* clonal seedlings, to determine the most suitable depth to apply to the seedlings in each tray and to assess how the nursery management influences initial development in the field. The experimental design in the nursery phase was entirely randomized in a 4x2 subdivided plot scheme, with four daily irrigation depths (8, 11, 14 and 17mm) and two types of trays (traditional and collecting) totaling 8 treatments with 4 replications of 32 seedlings. As for the field experiment, the seedlings from the 8 nursery treatments were planted in randomized blocks with plots of 18 seedlings. The variables analyzed at the end of the production cycle in the nursery phase, 90 days after staking were: height, collar diameter, height / collar diameter ratio, aerial dry mass, root dry mass, total dry mass, Dickson's quality index, root system conformation, leaf area, daily transpiration, leaf water potential, intensity of green leaf color, gas exchange, macro and micronutrient content and accumulation. The variables analyzed in the field phase were: survival at 30 and 60 days after planting (DAP), height and collar diameter at 30, 60, 90, 120, 150 and 180 DAP. The results showed that the collecting tray is more efficient at capturing water for seedling development, as the lowest irrigation depth (8mm) was sufficient to produce seedlings with greater development and quality. While the seedlings from the traditional tray needed the highest irrigation depth (17mm) to achieve similar results. The trays and irrigation depths influenced survival in the field, with the best results (97%) obtained with seedlings from the collecting tray produced at 8 and 11mm. The best results for the seedlings in the traditional tray were obtained with 11 and 17mm water depths (94.5%). The treatments applied to the seedlings during their production in the nursery only effected their growth in the field up to 60 days after planting.

Keywords: forest nursery; irrigation; water management; field development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Detalhe da bandeja (A); Aspecto geral do experimento em cada canteiro (B).....	31
Figura 2 –Bandejas testadas: bandeja coletora (A); bandeja tradicional (B); tubetes de 50 cm ³ (C).....	31
31	
Figura 3- Estrutura: externa dos canteiros (A); interna dos canteiros (B) utilizados no experimento.....	32
Figura 4 - Sistema de irrigação e distribuição dos bocais modelo micro aspersor (A e B); painel elétrico (C); aplicação da lâmina de irrigação (D).....	33
Figura 5 – Pesagem do substrato (A); disposição do substrato no jogo de peneiras (B); agitador eletromagnético (C).....	34
Figura 6 – Granulometria do substrato utilizado no experimento (%).....	34
Figura 7 – Mensuração da porosidade e retenção de água no tubete: preparação do tubete (A); drenagem de água (B); compensação quantidade de água com a pipeta (C) e pesagem (D).....	35
Figura 8 – Drenagem (A); pesagem (B); pesagem das capsulas (C); substrato despejado na capsula (D) e secagem na estufa (E).....	36
Figura 9 – Pré-secagem (A); partículas das paredes do tubete (B); cápsulas (C) e secagem (D).....	36
Figura 10 – Sistema de diluição Venturi para as adubações de crescimento e rustificação (A): aplicação da adubação nas mudas de <i>E. urophylla</i> (B); mudas adubadas (C).....	38
Figura 11 – <i>Datalogger</i> à prova d'água marca AKSO, modelo AK 174 instalado no interior dos canteiros.....	39
Figura 12 – Mudas de <i>E. urophylla</i> selecionadas para a avaliação da fração de lixiviação (A); balança eletrônica utilizada para a obtenção da massa em conjunto com o tubete (B).....	39
Figura 13 – Condutivímetro de bancada microprocessado utilizado para avaliar a CE.....	40
Figura 14 – Coletor de água (A); medição de água no final da terceira irrigação (B); medição da CE (C).....	41

Figura 15 – Medição de altura (A) e medição do diâmetro do colo (B) nas mudas produzidas de <i>E. urophylla</i>	41
Figura 16 – Mudas de <i>E. urophylla</i> utilizadas para obtenção da massa seca (A); parte aérea (B); lavagem do sistema radicular (C); separação da parte aérea do sistema radicular (D); sistema radicular (E); secagem do sistema radicular (F); sistema radicular prontas a serem embaladas em sacos de papel (G); identificação e separação na estufa para secagem (H); estufa de circulação forçada (I).....	42
Figura 17 – Conformação do sistema radicular das mudas de <i>E. urophylla</i> produzidas nas bandejas coletoras e tradicionais.....	43
Figura 18 – Separação das folhas do caule das mudas de <i>E. urophylla</i> (A, B); obtenção da área foliar com o <i>Area Meter</i> LICOR – modelo LI 3100 (C).....	44
Figura 19 – Tubetes vedados e submetidos às condições ambientais (A e B) e detalhe dos tubetes envolvidos pelo plástico (C).....	45
Figura 20 – Colocação de carvão ativado para tirar a umidade retida no equipamento (A); corte e alocação das folhas a serem medidas (B e C); mensuração do potencial hídrico foliar de <i>E. urophylla</i> (D).....	46
Figura 21 – Seleção de mudas de <i>E. urophylla</i> avaliadas (A); obtenção de leituras de ICV em mudas de <i>E. urophylla</i> produzidas em diferentes tipos de bandejas (B).....	47
Figura 22 – Medição de trocas gasosas no interior do canteiro (A e B).....	48
Figura 23 – Mudas de <i>E. urophylla</i> prontas a serem secadas em estufa (A); moinho tipo Wiley (B); amostras prontas para serem levadas ao laboratório (C).....	48
Figura 24 – Área na Fazenda Edgárdia destinada para o plantio em campo.....	49
Figura 25 – Preparo do solo (A e B); distribuição das mudas de <i>E. urophylla</i> nos blocos (C); medição do espaçamento (D).....	50
Figura 26 – Medição de altura por meio de uma régua milimetrada.....	51
Figura 27 – Médias da Temperatura (°C) e UR (%) ao longo do dia; médias da temperatura (°C) e UR (%) máximas, médias e mínimas durante a produção de mudas de <i>E. urophylla</i> , no interior dos canteiros, respectivamente figuras A, B, C e D.....	53

Figura 28 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada na fase de crescimento de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 60DAE, produzidas na bandeja tradicional (A) e bandeja coletora (B).....	55
Figura 29 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada na fase de crescimento de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 75DAE, produzidas na bandeja tradicional (A) e bandeja coletora (B).....	56
Figura 30 – Volume total (ml) de água escoada no fundo do galão (A) e CE (dS m^{-1}) desta água (B) em função das lâminas de irrigação aplicadas às mudas de <i>E. urophylla</i> , em ambas as bandejas.....	57
Figura 31 – Classificação da conformação do sistema radicular (CSR) (%) de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE produzidas na Bandeja Tradicional - BT (A) e na Bandeja Coletora - BC (B).....	60
Figura 32 - Transpiração ao longo do dia das mudas de <i>E. urophylla</i> produzidas na Bandeja Tradicional - BT (A) e na Bandeja Coletora - BC (B) com diferentes lâminas de irrigação, aos 85DAE.....	63
Figura 33 – Crescimento em altura e em diâmetro de colo das mudas de <i>E. urophylla</i> dos diferentes tratamentos, ao longo de 6 meses.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja (tradicional – BT e coletora – BC) na fração de lixiviado (%) de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 60 e 75DAE.....	54
Tabela 2 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na altura (H) (cm) e no diâmetro do colo (DC) (mm) de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE.....	58
Tabela 3 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	59
Tabela 4 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	59
Tabela 5 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na área foliar (AF) de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE.....	61
Tabela 6 – Efeito das lâminas de irrigação na transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE.....	62
Tabela 7 – Efeito do tipo de bandeja na transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE.....	62
Tabela 8 – Efeito das lâminas de irrigação no potencial hídrico foliar (Ψ) antes do amanhecer de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	64
Tabela 9 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no potencial hídrico foliar (Ψ) ao meio-dia, de mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE...	64
Tabela 10 – Efeito das lâminas de irrigação no Índice de Cor Verde - ICV (SPAD) das folhas de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	65
Tabela 11 – Efeito do tipo de bandeja no Índice de Cor Verde - ICV (SPAD) das folhas de mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	66
66	
Tabela 12 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no teor de cálcio (Ca) (g kg^{-1}), boro (B) e cobre (Cu) (mg Kg^{-1}) na parte aérea das mudas de <i>E. urophylla</i> , aos 90DAE.....	67

Tabela 13 – Efeito das lâminas de irrigação no teor de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg ⁻¹) na parte aérea das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	67
Tabela 14 – Efeito do tipo de bandeja no teor de manganês (Mn) (mg kg ⁻¹) na parte aérea das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	68
8	
Tabela 15 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (g Kg ⁻¹) nas raízes das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90 DAE.....	68
Tabela 16 – Efeito das lâminas de irrigação no teor de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg ⁻¹) nas raízes das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	69
Tabela 17 – Efeito do tipo de bandeja no teor de cobre (Cu) e manganês (Mn) (mg kg ⁻¹) na parte radicular das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	69
Tabela 18 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no acúmulo de cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn) (mg planta ⁻¹) na parte aérea das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	70
Tabela 19 – Efeito do tipo de bandeja no acúmulo de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e zinco (Zn) na parte aérea das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	70
Tabela 20 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no acúmulo de potássio (K) e enxofre (S) (g planta ⁻¹), boro (B) e manganês (Mn) (mg planta ⁻¹) nas raízes das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	71
Tabela 21 – Efeito das lâminas de irrigação no acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (g planta ⁻¹), ferro (Fe) e zinco (Zn) (mg planta ⁻¹) nas raízes das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	71
Tabela 22 – Efeito do tipo de bandeja no acúmulo de nitrogênio (N) (g planta ⁻¹), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) (mg planta ⁻¹) na parte radicular das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 90DAE.....	72
Tabela 23 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na sobrevivência das mudas de <i>E. urophylla</i> aos 30 e 60DAP.....	72
Tabela 24 – Percentual de plantas de <i>E. urophylla</i> com sintoma de estresse hídrico aos 15DAP.....	

Tabela 25 – Percentual de plantas de <i>E. urophylla</i> com sintomas de estresse hídrico aos 30DAP.....	74
Tabela 26 – Efeito das lâminas de irrigação na altura (H) de <i>E. urophylla</i> após 30 e 60 dias após o plantio (DAP) no campo.....	75
Tabela 27 – Altura e diâmetro do colo de <i>E. urophylla</i> após 30 dias do plantio em campo, em função do tipo de bandeja usada na produção das mudas..	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Produção e qualidade de mudas.....	25
2.2	Influência de bandejas na produção de mudas florestais.....	26
2.3	Influência da lâmina de irrigação na produção de mudas florestais.....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Local e período do experimento.....	29
3.2	Material genético e sistema de produção.....	29
3.3	Experimento de Viveiro.....	30
3.4	Fase de Desempenho no Campo.....	49
3.5	Análise estatística.....	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1	Fase de Viveiro.....	52
4.2	Desempenho no Campo.....	72
5	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	APÊNDICES.....	89

1 INTRODUÇÃO

A utilização de bandejas e tubetes de polipropileno foi implementada no final da década de 1970 quando se iniciou o sistema de produção de mudas de *Eucalyptus* spp., via propagação vegetativa, especificamente o método de estaquia, aumentando o grau de automatização dos viveiros florestais, reduzindo o custo e tempo de produção das mudas (SANTOS et al., 2000; CUNHA et al., 2005).

Em função da estaquia necessitar de substratos mais porosos e de menor densidade, o sistema de produção até então usado (saquinho plástico e solo) não se adequava ao novo método e, portanto, foi substituído pelo sistema tubete e substrato (CAMPINHOS JR., IKEMORI, 1982; MACEDO, 1993; ALFENAS et al., 2004), demonstrando ser o tubete de 50cm³ adequado para produção de mudas de eucalipto (ZANI FILHO et al., 1983; MACEDO, 1993; GOMES et al., 2003), promovendo um desenvolvimento superior ao das bandejas de isopor (GOMES et al., 1985).

As bandejas de polipropileno usadas como suporte para os tubetes não têm mudado ao longo do tempo e têm como desvantagem o grande desperdício de água. Isto porque para adequar a densidade de plantas por m² na bandeja, visando produzir mudas de qualidade, são deixadas células sem plantas, através das quais a água é perdida.

A água é um fator limitante no desenvolvimento da planta, porém o excesso de água aplicada no processo de produção de mudas, seja na irrigação ou na fertirrigação pode gerar o encharcamento do substrato, reduzindo a aeração e, favorecendo a ocorrência de doenças, principalmente as fúngicas (RODRIGUES et al., 2011). O excesso de água pode também ser responsável pela percolação de produtos químicos com potencial de degradação das águas superficiais e subterrâneas (JUNTUNEN et al., 2002, 2003).

Na tentativa de reduzir as perdas de água no viveiro desenvolveu-se uma nova bandeja que capta a água que incide sobre ela, direcionando-a para o tubete, assim, evita-se o desperdício causado pelos espaços vazios nas bandejas tradicionais. Logo, essas características devem afetar o manejo hídrico aplicado em viveiros que utilizam estas bandejas.

Dessa forma, esta pesquisa trabalha com as seguintes hipóteses:

- ✓ A bandeja coletora é mais eficiente na redução de perda de água, portanto, a menor lâmina de irrigação será suficiente para a produção de mudas com qualidade.

- ✓ A qualidade das mudas produzidas na bandeja coletora em viveiro afeta o desempenho inicial das plantas no campo.

Para responder estas hipóteses, a pesquisa tem por objetivos:

- ✓ Analisar como as diferentes lâminas de irrigação e os tipos de bandejas influenciam no desenvolvimento e a qualidade das mudas de *E. urophylla*.
- ✓ Determinar se a bandeja coletora é mais eficiente que a bandeja tradicional no uso da água para a produção de mudas de *E. urophylla*.
- ✓ Determinar se a influência das bandejas e das lâminas de irrigação na produção de mudas permanece após plantio em campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção e qualidade de mudas

A produção de mudas florestais é considerada a base de um reflorestamento bem-sucedido e, ao ser manejada adequadamente, se obtém um melhor controle no aspecto econômico assim como na produção (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; LISBOA et al., 2012; TATAGIBA et al., 2015).

O manejo de um viveiro deve visar a qualidade das mudas, as quais resultam em plantios mais homogêneos, influenciando na redução e frequência de tratos culturais, diminuindo as taxas de mortalidade, contribuindo com a redução dos custos de produção (RUDEK, et al., 2013).

Para definir a qualidade da muda é importante considerar sua finalidade e as condições a que será submetida no campo. No entanto, os aspectos morfológicos e fisiológicos devem ser considerados para sua determinação (GOMES, et al., 2002), assim como o sucesso do desempenho após o plantio (FONSECA, 2000, 2002; DUMROESE et al., 2005; GONÇALVES et al., 2015), sendo esses aspectos influenciados pelo(a): espécie, substrato, recipiente, sistema de irrigação, manejo hídrico (frequência/lâmina) e nutricional (GRAZIA et al., 2004; SPERANDIO et al., 2011; GROSSNICKLE, 2012; UESUGI, 2014; BELLOTE; SILVA, 2015).

Dentre as variáveis morfológicas para determinar a qualidade das mudas estão: altura (H), diâmetro do colo (DC), massa seca aérea (MSA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) (SANTOS et al., 2000; CRUZ et al., 2006) e conformação do sistema radicular (SILVA; SILVA, 2015).

Segundo Haase (2008), as avaliações das variáveis como a altura e diâmetro de caule, ainda que sejam não destrutivas e fáceis de medir, não são suficientes para avaliar a qualidade das mudas.

Apesar de ser um método destrutivo, a medição da MSA é considerada como um indicador da rusticidade das mudas (CALDEIRA et al., 2000; CALDEIRA; SCHUMACHER; TEDESCO, 2000; CALDEIRA et al., 2008a, 2008b), assim como a MSR é uma das melhores variáveis para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial no campo (CALDEIRA; SCHUMACHER; TEDESCO 2000; GOMES et al., 2002; FREITAS et al., 2005; CALDEIRA et al., 2008a).

O índice de qualidade de Dickson, é considerado uma das variáveis morfológicas mais importantes para determinar a qualidade de mudas, porque são considerados no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda para avaliação de qualidade (FONSECA et al., 2002; CALDEIRA et al., 2005, 2007), sendo que, quanto maior o valor do IQD, melhor será a qualidade da muda (GOMES et al., 2002), incrementando o potencial de sobrevivência e desenvolvimento no campo (BAYALA et al., 2009; MAÑAS et al., 2009).

Outro componente importante da qualidade de muda é a formação e capacidade do sistema radicular em produzir raízes novas (MAÑAS et al., 2009), estas aumentarão a absorção de água e nutrientes (ALMEIDA et al., 2005), reduzindo o estresse hídrico (LUIS et al., 2009, GROSSNICKLE, 2012), melhorando a sobrevivência após o plantio (DAVIS; JACOBS, 2005).

A conformação do sistema radicular deve apresentar uma boa distribuição com a área foliar (AF) para aumentar as possibilidades de sobreviver no campo (FERRAZ; ENGEL, 2011), sendo que quanto maior a AF maior será capacidade para realização das trocas gasosas (GROSSNICKLE, 2005). No entanto, a área foliar pode impactar negativamente sobre o desenvolvimento e a sobrevivência das mudas após o plantio, devido a maior área de transpiração (GROSSNICKLE, 2005), sendo estas influenciadas pelas condições no campo e o manejo no viveiro (MARTINS et al., 2008), sendo melhor explicada junto as outras avaliações fisiológicas.

As avaliações fisiológicas fornecem informação mais detalhada do comportamento interno quanto à qualidade da muda (HAASE, 2008; KRATZ; WENDLING, 2013), tais como a transpiração (DUTRA et al., 2012; MOURA et al., 2016), a intensidade da coloração verde das folhas (SABINO et al., 2016) e o potencial hídrico foliar (COSTA; MARENCO, 2007).

2.2 Influência de bandejas na produção de mudas florestais

Os manejos de irrigação e fertilização adotados no viveiro influenciam o desenvolvimento das mudas e o ciclo de produção. Portanto devem ser adequados ao local do viveiro, à espécie, época do ano, tipo de recipientes e de substrato (CIAVATTA et al., 2014).

A utilização de bandejas de polipropileno como suporte na produção de mudas florestais tem sido o principal método utilizado para produção de mudas florestais,

afetando de maneira positiva o manejo no viveiro, assim como o crescimento destas (SANTOS et al., 2000; CUNHA et al., 2005), melhorando o controle na adubação, proteção das raízes, transporte e distribuição tanto no viveiro como no plantio (GOMES et al., 2003).

No entanto, diferentemente dos tubetes, as bandejas não têm evoluído ao longo do tempo para melhorar o manejo na produção de mudas florestais. Um novo conceito de bandeja foi desenvolvido visando reduzir o desperdício de água na produção de mudas, porém escassos são os trabalhos para comprovar sua eficiência.

2.3 Influência da lâmina de irrigação na produção de mudas florestais

O objetivo principal dos viveiros é aumentar a produção de mudas com o menor custo possível, porém, o uso de novas estratégias no sistema de irrigação e fertilização é importante para produzir mudas de qualidade (BILDERBACK, 2002; BERGERON et al., 2004; MILLION et al., 2010; STOWE et al., 2010; SCAGEL et al., 2012; PRIDE, 2014; FULCHER et al., 2016), melhorando a eficiência da irrigação em viveiros, permitindo manter a rentabilidade e minimizando o impacto ambiental (BACCI et al., 2008; KIM et al., 2011; MAJSZTRIK et al., 2011; INCROCCI et al., 2014).

Um eficiente sistema de irrigação deve atender à necessidade hídrica da muda (LAMHAMEDI et al., 2001; IRMAK et al., 2001; MATHERS et al., 2005) para que no processo de adubação não ocorra a perda de nutrientes por lixiviação (FARE et al., 1994; HUETT, 1997; BEESON JR.; YEAGER, 2003; BEESON JR, 2004; ARREOLA et al., 2006; BEESON JR., 2006).

A porcentagem da perda de água em ambientes fechados sob o sistema de microaspersão acontece pela estrutura, espaços vazios e a área a serem ocupadas pelas bandejas, assim como a folhagem das mudas, as quais podem significar somente de 20% a 30% de aproveitamento do total aplicado (TESTEZLAF, 2017). Para Beeson e Yeager (2003), apenas 20 a 40% da água aplicada por meio do mesmo sistema de irrigação, em recipientes do tipo tubetes, ficam retidos para o uso da planta.

Independentemente do sistema de irrigação a ser aplicado, a experiência pessoal dos viveiristas além de subjetiva, é o principal método utilizado para saber quando e quanto irrigar (BEESON JR.; YEAGER, 2003; BEESON JR., 2004). No entanto, muitos viveiristas usam sistemas de irrigação programados independentemente das mudanças ambientais do local de produção sem basear-se

na demanda hídrica das mudas, acarretando, geralmente o uso excessivo de água (BEESON JR.; BROOKS, 2008; GRANT et al., 2009; WARSAW et al., 2009).

A frequência e volume de água devem ser considerados conforme o substrato a ser utilizado na produção de mudas, sendo que estas podem reduzir ou incrementar o potencial de produtividade (GRUBER, 2006; LOPES et al., 2007).

Existe sempre uma lâmina de irrigação ótima que corresponde a máxima produtividade de mudas florestais (GRUBER, 2006), sendo estas influenciadas pelos fatores que determinam a evapotranspiração (climáticos, edáficos, genéticos). O aumento na lâmina de irrigação (quantidade e frequência) não necessariamente resulta na produção de mudas de qualidade para o plantio (SILVA; SILVA, 2015).

Diversos autores pesquisando lâminas de irrigação ótimas para espécies arbóreas chegaram a valores de: 10mm para algumas espécies florestais (MORAIS et al., 2012) parcelada, às 10, 13 e 16 horas conforme a Lopes et al. (2007); 11mm, para o clone *E. urograndis* (OLIVEIRA, 2012; SILVA et al., 2015) parcelada às 10 e 15 horas; e, 12 a 14mm para mudas seminais de *E. grandis* (LOPES et al., 2007) parcelada às 10, 13 e 16h para mudas de eucalipto na fase de crescimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período do experimento

A pesquisa foi realizada em duas fases, sendo a primeira com o experimento no viveiro e a segunda com a implantação no campo das mudas produzidas no experimento de viveiro.

O experimento de viveiro foi conduzido entre os meses de dezembro de 2018 a fevereiro de 2019 em viveiro suspenso e setorizado do Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente (DCFSA) na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), município de Botucatu-SP, localizado nas coordenadas 22°51'03" de latitude Sul e 48°25'37" longitude Oeste e altitude de 786m.

O experimento de campo foi realizado de maio a outubro de 2019 na Fazenda Experimental Edgárdia, pertencente FCA/Unesp município de Botucatu-SP, localizado nas coordenadas 22°47'50" de latitude Sul e 48°22'20" longitude Oeste. Encontra-se a aproximadamente 8Km da sede do município e altitude de 577m.

O município de Botucatu, possui alto gradiente de altitude, entre 400 a 500m na região mais baixa e 700 a 900m na região mais serrana (Planalto Ocidental). De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), o clima da região é do tipo Cfa - clima temperado quente (mesotérmico) úmido e a temperatura média do mês mais quente é superior a 27°C e altitude média de 780m. A precipitação pluviométrica anual média é de 1.494,10mm (ESCOBEDO et al., 2011; LENZ, 2016).

3.2 Material genético e sistema de produção

O material genético utilizado na pesquisa foi o híbrido natural de *Eucalyptus urophylla* (clone I 144). Considerou-se a escolha do material genético pela sua importância ao serem usados nos povoamentos comerciais no estado de São Paulo (PROTÁSIO et al., 2014), e mais plantadas no Brasil (SCANCAVA JUNIOR; GARCIA, 2003), destacando-se quanto às características de crescimento.

As mudas foram produzidas por meio de propagação vegetativa via miniestaquia. A fase inicial de produção, ou seja, a fase de enraizamento das miniestacas, foi feita no viveiro Angicos®, no município de Borebi - SP, localizado nas coordenadas 22°33'59" de latitude Sul e 48°58'19" longitude Oeste. A embalagem usada foi tubetes cilindro cônicos de polietileno com seis estrias internas com volume

de 50cm³. O substrato usado foi um produto comercial composto de fibra de coco (50%), casca de pinus (40%), casca de arroz carbonizada (10%) com 4Kg m⁻³ de superfosfato simples como adubação de base.

Durante a fase de enraizamento, que durou 30 dias, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação e a irrigação foi por microaspersão do tipo nebulização com lâmina de irrigação média diária de 4mm. Nesta fase não houve fertirrigação. Após os 30 dias, as estacas enraizadas foram para aclimação na casa de sombra (teto com tela de sombreamento de 50%) onde permaneceram por 5 dias. Após esse período, as miniestacas enraizadas foram selecionadas por tamanho e transferidas para o viveiro da FCA onde teve início a aplicação dos tratamentos. O ciclo de produção foi de 90 dias, desde o estaqueamento, sendo os últimos 10 dias destinados à rustificação das mudas.

3.3 Experimento de Viveiro

3.3.1 Delineamento experimental

O delineamento adotado no experimento de viveiro foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo avaliadas 4 lâminas de irrigação e 2 tipos de bandejas, totalizando 8 tratamentos com 4 repetições (bandejas com 40 plantas), sendo eles:

- L8BT : Lâmina de 8mm com bandeja tradicional.
- L8BC : Lâmina de 8mm com a bandeja coletora.
- L11BT : Lâmina de 11mm com a bandeja tradicional.
- L11BC : Lâmina de 11mm com a bandeja coletora.
- L14BT : Lâmina de 14mm com a bandeja tradicional.
- L14BC : Lâmina de 14mm com a bandeja coletora.
- L17BT : Lâmina de 17mm com a bandeja tradicional.
- L17BC : Lâmina de 17mm com a bandeja coletora.

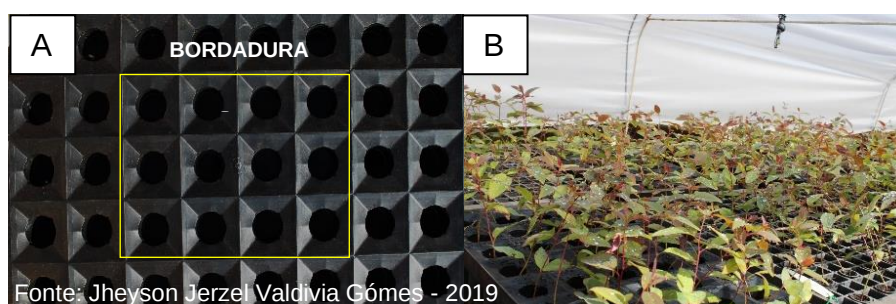
As lâminas de irrigação foram adotadas de acordo com Silva (2017), sendo fracionadas em três vezes ao dia (Quadro 1).

Quadro 1 – Lâminas de água utilizadas no experimento

Lâminas de água (mm)	Fracionamento das lâminas
8	2.66 mm às 9 h, 2.66 mm às 12 h e 2.66 mm às 15 h
11	3.66 mm às 9 h, 3.66 mm às 12 h e 3.66 mm às 15 h
14	4.66 mm às 9 h, 4.66 mm às 12 h e 4.66 mm às 15 h
17	5.66 mm às 9 h, 5.66 mm às 12 h e 5.66 mm às 15 h

Cada repetição (bandeja) possuía 40 mudas, sendo avaliadas as 12 centrais e as 28 restantes foram consideradas como bordadura, totalizando 48 mudas por tratamento (Figura 1A e 1B).

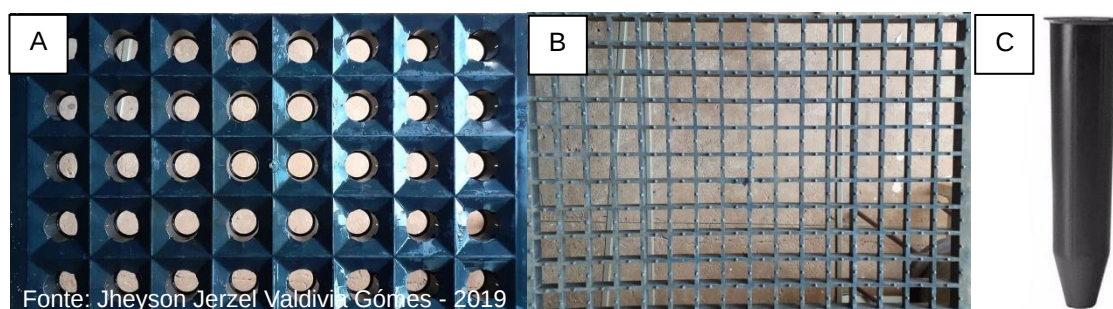
Figura 1 – Detalhe da bandeja (A); Aspecto geral do experimento em cada canteiro (B).



As bandejas testadas foram:

- a) Bandeja coletora (BC) (Figura 2A), e
- b) Bandeja tradicional (BT) (Figura 2B)

Figura 2 –Bandejas testadas: bandeja coletora (A); bandeja tradicional (B); tubetes de 50 cm³ (C).



Quadro 2 – Características da bandeja coletora (BC) e bandeja tradicional (BT).

Características	Bandeja coletora	Bandeja tradicional
Material	Polipropileno	Polipropileno
Dimensões (m)	0,35 x 0,60	0,39 x 0,59
Área (m ²)	0,21	0,23
Número de células	40	176
Mudas por m ²	190	173*

*Realizou-se a ocupação de 22,7% da BT para colocarmos 40 mudas, sendo estas as mesmas quantidades de células presentes na BC.

3.3.2 Estruturas físicas

As estruturas utilizadas no experimento de viveiro foram canteiros suspensos (Figura 3A), constituída de ferro galvanizado do tipo minitúnel com cobertura de filme agrícola Suncover Difuso C655 (150 micrones), não climatizada, com altura de 0,80m acima do nível do solo e 1,75m acima do nível do solo no centro do arco (Figura 3B) com 1,40m de largura x 20,0m de comprimento sendo a área total de 28m².

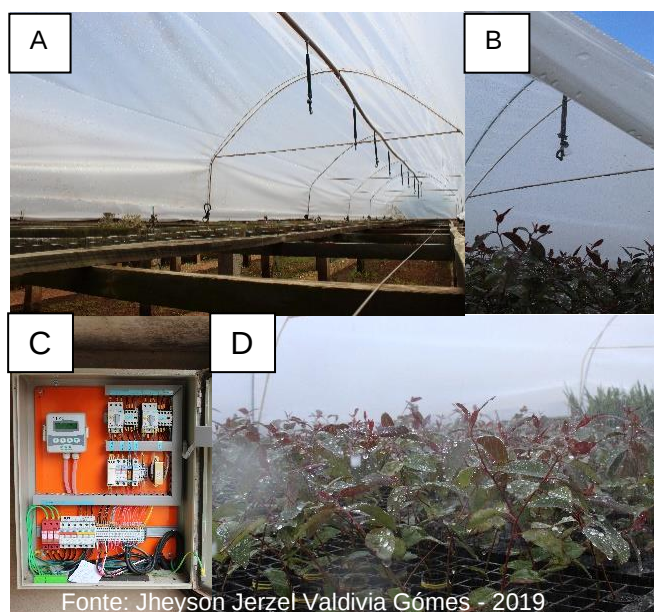
Figura 3- Estrutura: externa dos canteiros (A); interna dos canteiros (B) utilizados no experimento.



Fonte: Jheyson Jerzél Valdivia Gómez - 2019

O sistema de irrigação constituiu-se de bocais modelo micro aspersores com vazão de 105L h⁻¹ com espaçamento de 1m entre os bocais, sendo acionados automaticamente por painel elétrico programado para o tempo de cada lâmina de irrigação (Figuras 4A, 4B, 4C e 4D).

Figura 4 - Sistema de irrigação e distribuição dos bocais modelo micro aspersor (A e B); painel elétrico (C); aplicação da lâmina de irrigação (D).



As avaliações foram realizadas nos laboratórios do viveiro do Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente (DCFSA) e no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp e no Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp, campus Botucatu.

3.3.3 Substrato, granulometria e porosidade

O substrato usado foi a base de turfa *Sphagnum*, vermiculita e casca de arroz torrefada. As análises das propriedades físicas (granulometria, porosidade e retenção de água) assim como as químicas (condutividade elétrica - CE e o potencial hidrogeniônico - pH) foram realizadas no substrato antes do enchimento dos tubetes.

A granulometria corresponde à distribuição das partículas de um material segundo o seu tamanho, expresso em porcentagem de cada fração em relação à massa total seca ao ar (BARBOSA, 2018). No entanto, para o substrato ser considerado adequado para a sua mensuração, passou por uma peneira de malha de 6 mm e avaliado segundo a Instrução Normativa Nº 17 e Nº 31 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2007; 2008).

Segundo Miner (1994), não existe uniformidade quanto à série de peneiras a serem utilizadas para a classificação granulométrica do substrato, sendo assim, uma

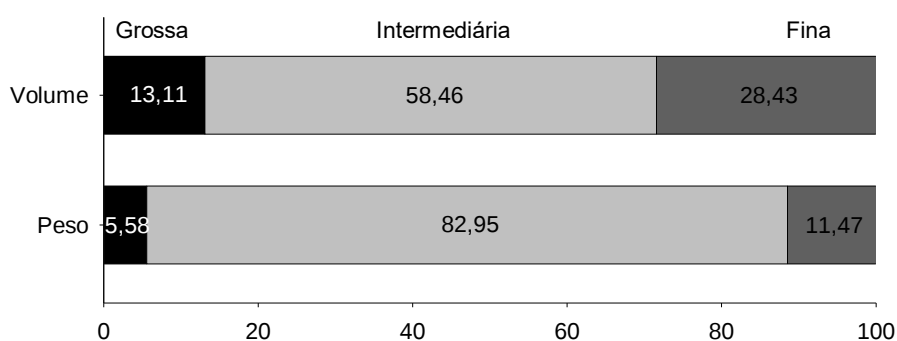
amostra de aproximadamente 1L (233,21g) de substrato seca em estufa de circulação forçada (Figura 5A) foi alocada sobre o jogo de peneiras supracitado (Figura 5B) de 8" de diâmetro, com malhas de: 6,30; 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25mm e o fundo acoplado a um agitador eletromagnético (Figura 5C) por 5 minutos.

Figura 5 – Pesagem do substrato (A); disposição do substrato no jogo de peneiras (B); agitador eletromagnético (C).



Após agitação, o substrato retido em cada peneira foi mensurado em peso e volume em balança eletrônica para a determinação da porcentagem sobre a massa da amostra. As peneiras distribuídas de forma decrescente foram classificadas da seguinte maneira: grossa (de 6,30 até 4,00mm), intermediária (de 2,00 até 1,00mm) e fina (de 0,50mm até no fundo) e o resultados estão apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Granulometria do substrato utilizado no experimento (%)



A mensuração da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e a retenção de água, foi de acordo com a metodologia de Carvalho e Silva (1992), detalhado a seguir:

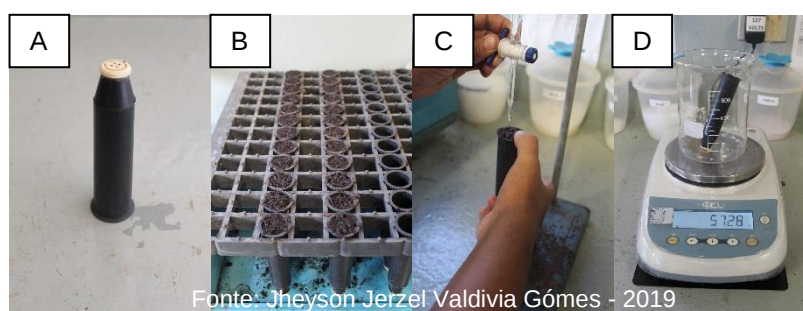
Os tubetes de 50cm³ devidamente identificados e com a um botão plano de 1,7cm de diâmetro, com 4 orifícios de 1,5mm colado na parte inferior de cada tubete foram pesados na balança eletrônica (Figura 7A).

Após o preenchimento do tubete com o substrato, foi utilizado uma estrutura para compactar o substrato adequadamente, por meio de batidas, mantendo ao nível da borda do tubete. Em seguida os 12 tubetes foram levados para uma caixa de água, mas não permitindo que o nível de água ultrapasse à borda superior dos tubetes, nem forçar sua descida ao serem colocados no suporte, permitindo que a água fosse absorvida pelo substrato por capilaridade.

Após 1 hora de o substrato ficar encharcado, os tubetes foram retirados cuidadosamente da caixa de água e alocados no suporte de madeira com uma bandeja tradicional para que a drenagem ocorresse (Figura 7B). Verificou-se que após ocorrer a drenagem o substrato sofreu uma leve acomodação, pelo qual foi necessário completar o volume de substrato a fim de preencher o espaço vazio. Uma vez realizado esse processo, os tubetes foram retornados novamente para a caixa de água por mais 1 hora para serem encharcados novamente.

Após uma hora foi realizada a primeira pesagem, para a qual foi necessário retirar os tubetes um a um colocando na ponta do dedo indicador sobre o orifício do botão, para evitar a perda de água pela parte inferior, acrescentado a quantidade de água com a pipeta compensando a quantidade de água perdida durante sua retirada da caixa (Figura 7C) e levado à balança eletrônica para a sua pesagem, usando um Becker como suporte (Figura 7D).

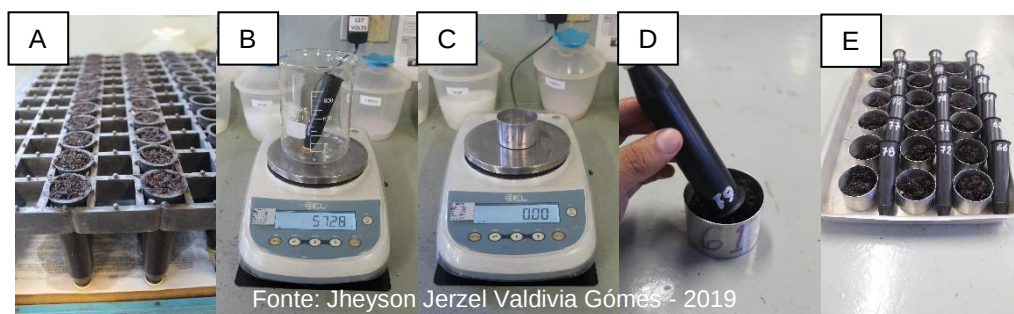
Figura 7 – Mensuração da porosidade e retenção de água no tubete: preparação do tubete (A); drenagem de água (B); compensação quantidade de água com a pipeta (C) e pesagem (D).



A drenagem foi realizada em duas fases, na primeira fase os tubetes ficaram suspensos por 1 hora com sua parte inferior livre, a segunda fase colocou-se na parte inferior dos tubetes 4 folhas de jornal sobre uma espuma de 2cm de espessura por 12 horas (Figura 8A). Após esse tempo de drenagem a segunda pesagem foi realizada, para o qual os tubetes foram retirados da bandeja um a um e foram colocados dentro

do Becker e levados à balança eletrônica (Figura 8B). Foram utilizadas 12 cápsulas (repetições) previamente identificadas e pesadas na balança eletrônica (Figura 8C). Após as 12 horas de drenagem o substrato contido no tubete foi colocado na cápsula de alumínio (Figura 8D) e levados para a estufa de circulação forçada a 105°C por 15 min junto com os tubetes para serem retiradas as partículas de substrato retidas nas paredes internas (Figura 8E).

Figura 8 – Drenagem (A); pesagem (B); pesagem das capsulas (C); substrato despejado na capsula (D) e secagem na estufa (E).



Após a secagem por 15 minutos (Figura 9A), com um pincel as partículas aderidas na parede dos tubetes foram despejados totalmente em suas cápsulas correspondentes (Figura 9B), para logo serem colocadas em uma bandeja (Figura 9C) e levadas à estufa a 105°C por 24 horas (Figura 9D).

Figura 9 – Pré-secagem (A); partículas das paredes do tubete (B); cápsulas (C) e secagem (D).



Finalmente após as 24 horas na estufa, as cápsulas foram retiradas e levadas à balança onde foi realizada a terceira pesagem. Com os dados coletados de massa e volume foram calculadas as porcentagens de macroporos, microporos, porosidade total e retenção de água.

3.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE)

A mensuração do potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica (CE) foi realizada de acordo à Instrução Normativa Nº 17 e Nº 31 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2007; 2008), sendo a solução do substrato e água deionizada em uma razão de extração de 1:5 (v/v) para dissolver os eletrólitos. A solução foi filtrada e em seguida foram medidos a CE com condutivímetro e o pH com um peagâmetro. O Quadro 2 apresenta os resultados destas análises.

Quadro 2 – Propriedades físicas e químicas do substrato no início do experimento de viveiro.

Propriedades físicas	Porosidade (%)			Retenção de água (mL tubete ⁻¹)
	Macro	Micro	Total	
	24,79	51,90	76,69	27,08
Propriedades químicas	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)			pH
	1,77			8,65

3.3.5 Fertirrigação

As adubações realizadas no experimento de viveiro foram via fertirrigação usando o sistema de diluição Venturi (Figura 10A e 10B), sendo aplicadas com frequência de 3 vezes por semana.

Para a fase de crescimento, a aplicação da fertirrigação com solução nutritiva foi realizada dos 35 DAE aos 79 DAE.

A solução de macronutrientes foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de nutrientes de 295; 84; 200; 160; 38 e 52mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes composta por ácido bórico, molibdato de sódio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de ferro nas concentrações de nutrientes de 4,6; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3; e 25mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo, e Fe, respectivamente.

Figura 10 – Sistema de diluição Venturi para as adubações de crescimento e rustificação (A): aplicação da adubação nas mudas de *E. urophylla* (B); mudas adubadas (C).



As adubações de rustificação foram realizadas três vezes por semana dos 80 DAE aos 90 DAE, sendo aplicada via fertirrigação em todos os tratamentos, sendo a solução composta com cloreto de potássio na concentração de nutrientes de 700mg L⁻¹ de K.

3.3.6 Avaliações

3.3.6.1 Variáveis meteorológicas

Para obtenção da temperatura e umidade relativa do ar na fase de crescimento e rustificação foi utilizado o *datalogger* à prova d'água da marca AKSO, modelo AK174 que possui as seguintes especificações (Quadro 4).

Quadro 1 – Especificações técnicas AK 174 *datalogger* de temperatura e umidade à prova d'água.

Variável	Faixa de medição	Resolução	Exatidão
Temperatura	-30 a 85 °C	0,1 °C	± 0,5 °C
Umidade	0 a 100 %UR	0,1 %UR	± 3%UR

O *datalogger* foi instalado na parte central do canteiro e protegido por uma estrutura de PVC para evitar a influência dos fatores externos como dos internos do canteiro (Figura 11).

Figura 11 – Datalogger à prova d'água marca AKSO, modelo AK 174 instalado no interior dos canteiros.



3.3.6.2 Fração de lixiviado (FL)

A fração de lixiviado (FL) é causada pelo excesso hídrico aplicado durante a irrigação (Figura 12A e 12B), sendo calculada pela fórmula (LEA-COX et al., 2001):

$$FL = \frac{V_d}{V_t} \times 100$$

Onde V_d é o volume de água drenado pelo fundo do tubete após a irrigação e V_t é o volume de água total aplicado.

Para a quantificação do volume de água retido no substrato, antes da primeira irrigação diária, foi realizada a embalagem com saquinho plástico com elástico em cada muda selecionada. A massa do conjunto (tubete + muda + saquinho plástico com elástico) (Figura 12A) foi pesada antes e depois de cada irrigação em balança eletrônica de precisão (Figura 12B).

Figura 12 – Mudas de *E. urophylla* selecionadas para a avaliação da fração de lixiviação (A); balança eletrônica utilizada para a obtenção da massa em conjunto com o tubete (B).



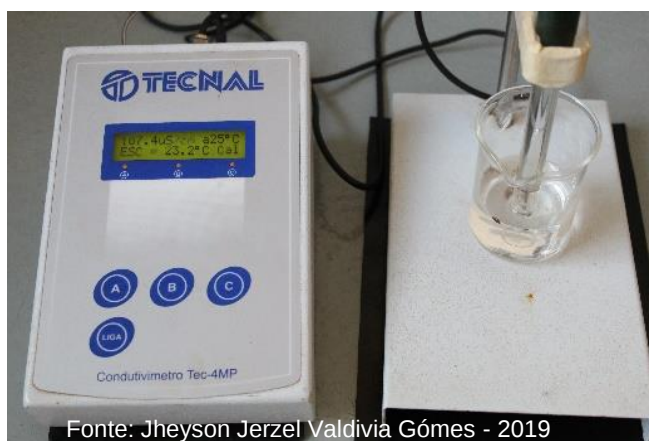
A FL da irrigação foi medida aos 60 e 75 DAE em uma repetição completa de cada tratamento, contando as mudas úteis centrais e a bordadura, totalizando 40 mudas por tratamento.

3.3.6.3 Condutividade elétrica (CE) da solução lixiviada

A condutividade elétrica da solução lixiviada foi obtida a partir da coleta nos saquinhos embalados aos tubetes com elásticos ao final da terceira irrigação do dia. Foi feita durante 4 dias, a partir do dia anterior à fertirrigação e por três dias seguintes.

A CE foi mensurada com condutivímetro de bancada (Figura 13) e comparada à CE da água sem fertilizantes ($0,070\text{dS m}^{-1}$).

Figura 13 – Condutivímetro de bancada microprocessado utilizado para avaliar a CE.



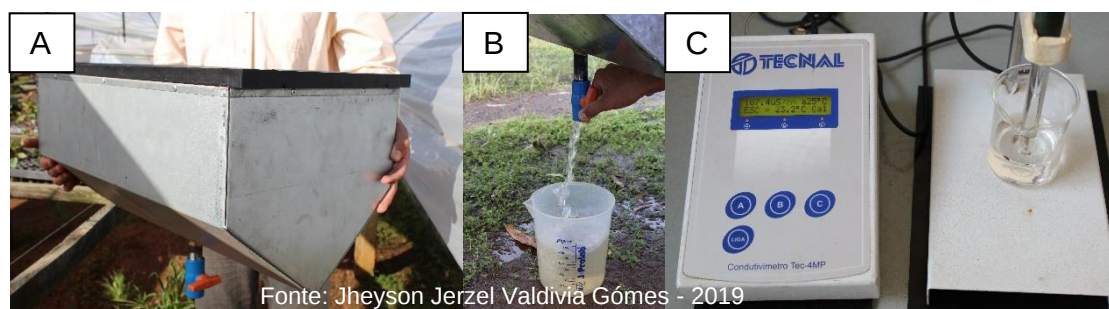
Fonte: Jheyson Jerzel Valdivia Gómez - 2019

A CE da solução lixiviada foi medida aos 60 e 75 DAE em uma repetição completa de cada tratamento, contando as mudas úteis centrais e a bordadura, totalizando 40 mudas por tratamento.

3.3.6.4 Volume de água perdida e mensuração da CE da solução

A perda de água foi determinada mensurando o volume captado por um coletor de chapa galvanizada acoplado à bandeja (Figura 14A). Após quantificado o volume total, uma amostra desta solução foi usada para determinar a CE (Figura 14B e 14C). A medição de ambos foi realizada diariamente, após a terceira (última) irrigação do dia, durante 45 dias (do 45º ao 90º dia).

Figura 14 – Coletor de água (A); medição de água no final da terceira irrigação (B); medição da CE (C).

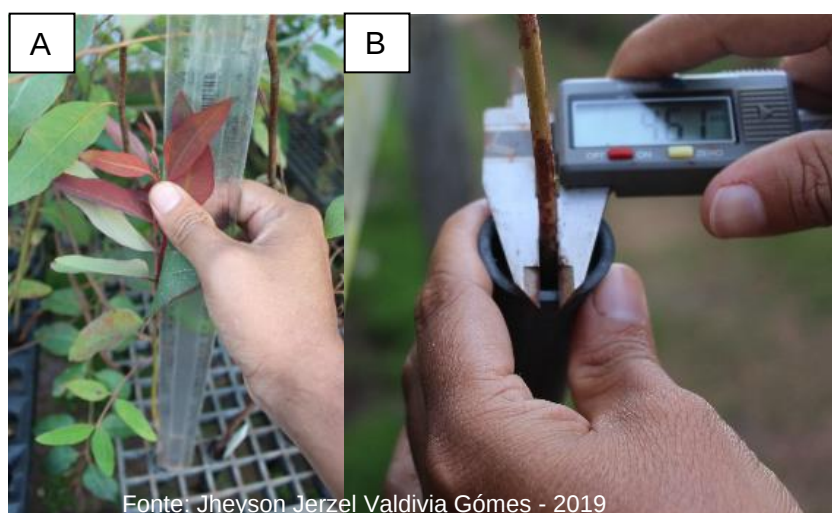


3.3.6.5 Variáveis morfológicas

3.3.6.5.1 Altura (H) e diâmetro do colo (DC)

Para as avaliações de altura (cm) foi utilizada régua milimetrada a partir da borda do tubete até a gema apical (Figura 15A) e para obtenção do diâmetro do colo (mm) foi por meio do paquímetro digital, medindo rente à borda do tubete (Figura 15B).

Figura 15 – Medição de altura (A) e medição do diâmetro do colo (B) nas mudas produzidas de *E. urophylla*.



A H e DC foram avaliadas aos 90 DAE em 12 plantas centrais por repetição, totalizando 48 mudas por tratamento.

3.3.6.5.2 Massa seca (aérea, do sistema radicular e total)

Para mensurar a massa seca aérea (MSA) e do sistema radicular (MSR) das mudas, houve o seccionamento do caule na região do colo (Figura 16A, 16B, 16D e 16E). Para a obtenção da MSR, os sistemas radiculares foram lavados em água corrente sobre peneira (Figura 16C).

Figura 16 – Mudas de *E. urophylla* utilizadas para obtenção da massa seca (A); parte aérea (B); lavagem do sistema radicular (C); separação da parte aérea do sistema radicular (D); sistema radicular (E); secagem do sistema radicular (F); sistema radicular prontas a serem embaladas em sacos de papel (G); identificação e separação na estufa para secagem (H); estufa de circulação forçada (I).



Uma vez limpas das impurezas do substrato, os sistemas radiculares, assim como as folhas e caule foram embalados em sacos de papel separados (Figura 16F e 16G) e alocados em estufa de circulação forçada a $65^{\circ}\text{C} \pm 3$ (Figura 16H e 16I) até atingir massa constante, em seguida, foram pesadas em balança eletrônica de precisão de duas casas decimais.

Com a soma dos valores obtidos da MSA e MSR foi determinada a massa seca total (MST). A MSA, MSR e MST foram avaliadas aos 90 DAE em 12 plantas centrais por repetição, totalizando 48 mudas por tratamento.

3.3.6.5.3 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi determinado usando a fórmula de Dickson et al., (1960) para determinar a qualidade e o incremento do potencial de sobrevivência da muda no campo, sendo esta:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\left(\frac{H (cm)}{DC (mm)}\right) + \left(\frac{MSA (g)}{MSR (g)}\right)}$$

Onde *MST* é a massa seca total, *H* é altura, *DC* é o diâmetro do colo, *MSA* é a massa seca aérea e *MSR* é a massa seca radicular.

O IQD foi avaliado aos 90 DAE em 12 plantas centrais por repetição, totalizando 48 mudas por tratamento.

3.3.5.6.4 Conformação do sistema radicular (CSR)

A conformação do sistema radicular (CSR) foi avaliada aos 90 DAE nas mesmas mudas utilizadas para a obtenção de massa seca. A metodologia de Simões et al. (2012) foi utilizada para a avaliação, sendo caracterizada por três avaliadores, atribuindo os conceitos: ótimo às mudas com um sistema radicular bem estruturado (torrão firme, sem nenhuma flexibilidade e com presença de raízes novas); bom às mudas que apresentaram o sistema radicular com boa estruturação, porém, com alguma flexibilidade, exigindo um maior cuidado no plantio, para não prejudicar o desempenho da muda em campo (ambos foram considerados “aptos” para o plantio), e ruim às mudas que não apresentaram agregação do substrato, consideradas “inaptas” para o plantio (Figura 17).

Figura 17 – Conformação do sistema radicular das mudas de *E. urophylla* produzidas nas bandejas coletoras e tradicionais.

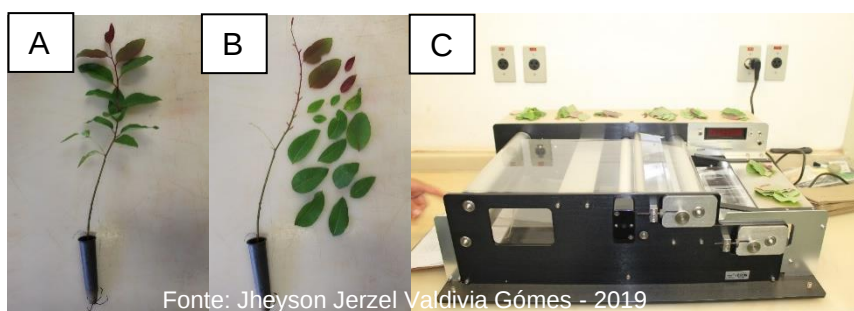


Fonte: Jheyson Jerzel Valdivia Gómes - 2019

3.3.6.5.5 Área foliar (AF)

Para obtenção da área foliar (AF) foi utilizado o método direto (destrutivo), por apresentar maior precisão segundo Ferreira Jr. (2013). Este método consiste em separar as folhas do caule de cada muda (Figura 18A e 18B) e inseri-las no aparelho denominado *Area Meter* LICOR - modelo LI 3100 (Figura 18C), onde os valores obtidos foram em cm^2 .

Figura 18 – Separação das folhas do caule das mudas de *E. urophylla* (A, B); obtenção da área foliar com o *Area Meter* LICOR – modelo LI 3100 (C).



A AF foi avaliada aos 90 DAE em 4 plantas por repetição, totalizando 16 mudas por tratamento.

3.3.6.6 Variáveis Fisiológicas

3.3.6.6.1 Transpiração diária (TD)

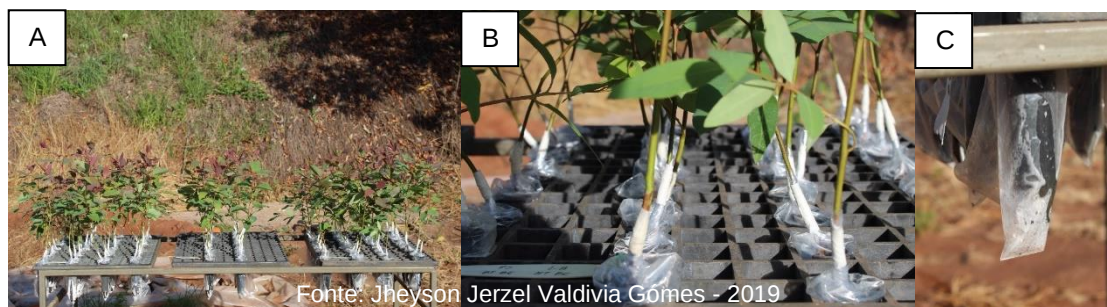
A transpiração diária (TD) ($\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$), foi avaliada pelo método das pesagens descrito por Silva et al. (2004), aplicando o sistema de irrigação por capilaridade até a saturação completa do substrato um dia anterior à realização das medições.

No dia seguinte, para evitar a perda de água por evaporação e drenagem, as mudas foram retiradas da irrigação por capilaridade para serem envolvidas por sacos plásticos vedados com fita crepe no colo da muda (Figura 19A e 19B) antes do início da primeira medição. As medições começaram a partir das 8h00 em intervalos de duas horas pesadas em balança eletrônica de precisão até as 18h00, sendo a avaliação final após 24h00 do início da avaliação (Figura 19C).

Para o cálculo da transpiração diária das mudas produzidas em diferentes tipos de bandejas foi utilizada a fórmula:

$$\text{TD (mg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) = ((\text{massa inicial} - \text{massa final}) / \text{área foliar}) / \text{tempo}$$

Figura 19 – Tubetes vedados e submetidos às condições ambientais (A e B) e detalhe dos tubetes envolvidos pelo plástico (C).



A TD foi avaliada aos 90 DAE em 4 plantas por repetição, totalizando 16 mudas por tratamento.

3.3.6.6.2 Potencial hídrico foliar (Ψ)

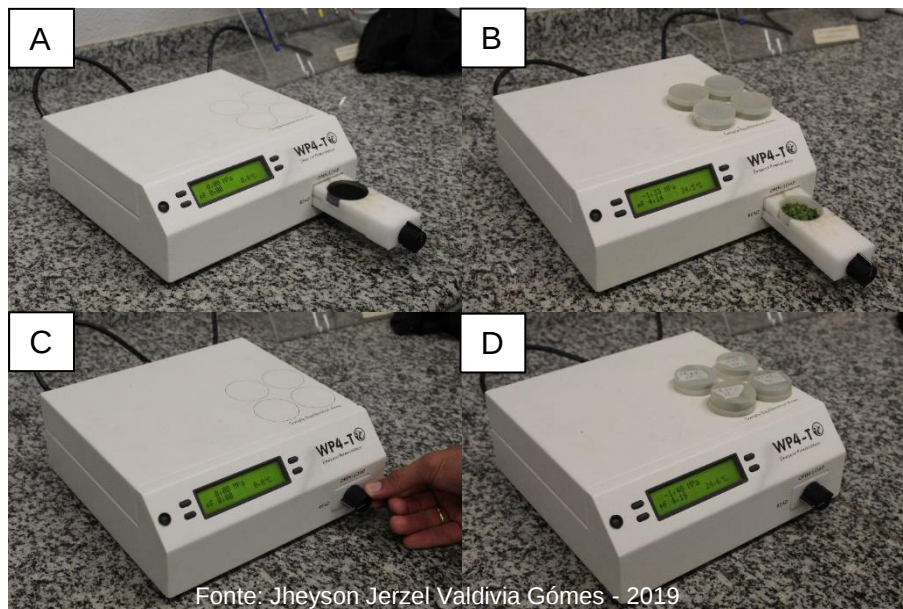
O potencial hídrico foliar (Ψ) foi avaliado por meio do psicrômetro modelo *Dewpoint Potential Meter* (WP4-T) (Figura 20A).

Para realizar a avaliação, foram coletadas às 6h00 e às 12h00 duas folhas representativas (maduras) de 2 mudas centrais de cada repetição.

As folhas coletadas foram armazenadas em cápsulas de amostragem circular (4cm de diâmetro e 1cm de altura), e alocadas em caixa de isopor com gelo sendo transportadas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu.

Para realizar a avaliação no equipamento WP4-T, é necessário tirar a umidade retida no interior do psicrômetro colocando o carvão ativado na cápsula para esta finalidade (Figura 20A), em seguida, as folhas foram cortadas em pequenos retângulos, colocadas nas cápsulas de amostragem (Figura 20B) e inseridas na cavidade do psicrômetro (Figura 20C) até o equipamento dar a leitura em MPa (Figura 20D).

Figura 20 – Colocação de carvão ativado para tirar a umidade retida no equipamento (A); corte e alocação das folhas a serem medidas (B e C); mensuração do potencial hídrico foliar de *E. urophylla* (D).



O Ψ foi avaliada aos 90 DAE utilizando folhas de duas mudas de cada repetição, totalizando 8 mudas por tratamento.

3.3.6.6.3 Intensidade da coloração verde das folhas (ICV)

A intensidade da coloração verde das folhas (ICV) foi analisada por meio do medidor portátil *Chlorophyll Meter*, Modelo *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) - 502 no limbo das folhas maduras, realizando três medições por folha para obter a média por planta, evitando a nervura central (Figura 21A e 21B).

O SPAD – 502 oferece medições dos teores de clorofila indiretamente por meio de princípios ópticos baseados na refletância e absorbância da luz mediante as folhas, considerando que 50 a 70% do N total está associado a enzimas presentes nos cloroplastos, medições com o SPAD – 502 têm sido correlacionadas com o teor de nitrogênio das folhas (UESUGUI et al., 2015).

Figura 21 – Seleção de mudas de *E. urophylla* avaliadas (A); obtenção de leituras de ICV em mudas de *E. urophylla* produzidas em diferentes tipos de bandejas (B).



A ICV foi avaliada aos 75 e 90 DAE utilizando as 12 plantas centrais por repetição, totalizando 48 mudas por tratamento.

3.3.6.6.4 Trocas gasosas

A avaliação das trocas gasosas foi realizada aos 90 DAE por meio de um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo *LCPro SD*, Hoddesdon, UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A leitura foi obtida no período das 08h00 às 10h00 da manhã (com o céu limpo e sem neblina, para evitar a influência do clima), na terceira folha a partir do ápice das mudas, sendo ela, uma folha desenvolvida e madura (Figura 22A e 22B).

Os dados mensurados foram: a concentração de carbono (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$); transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$); taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a eficiência no uso da água ($EiUA - A/E$) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$] e a eficiência instantânea de carboxilação ($EiC - A/C_i$) [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$] a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono.

Figura 22 – Medição de trocas gasosas no interior do canteiro (A e B).



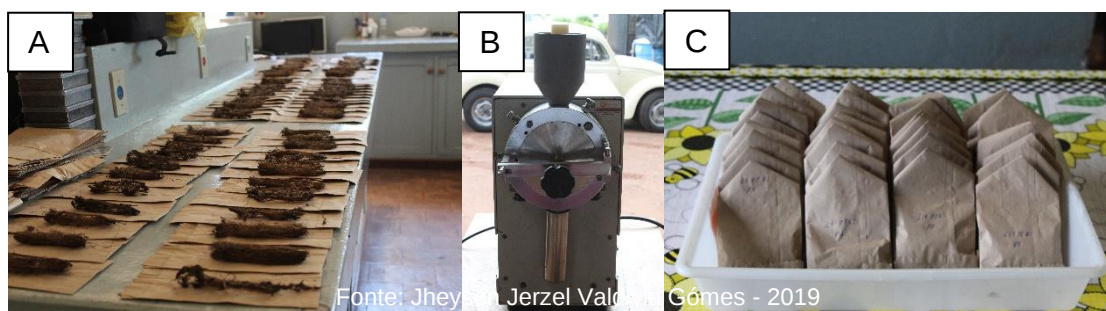
Para a mensuração das trocas gasosas, foram utilizadas duas plantas centrais por repetição, totalizando 8 plantas por tratamento.

3.3.6.7 Análise nutricional

A avaliação nutricional das mudas de *E. urophylla* foi realizada na parte aérea e no sistema radicular (Figura 23A).

Após realizadas as avaliações de MSA e MSR (Figura 23A), as amostras foram moídas no moinho tipo Wiley (Figura 23B) colocadas em sacos de papel (Figura 23C) e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/UNESP de Botucatu.

Figura 23 – Mudas de *E. urophylla* prontas a serem secadas em estufa (A); moinho tipo Wiley (B); amostras prontas para serem levadas ao laboratório (C).



Com os dados de teores de nutrientes e das massas secas radicular e da parte aérea foram calculados os acúmulos de nutrientes em cada parte da planta.

Para a análise nutricional foram utilizadas as 12 plantas centrais de cada bandeja, sendo estas doze plantas transformadas em uma amostra composta. Portanto, foram quatro repetições por tratamento.

3.4 Fase de Desempenho no Campo

3.4.1 Local e período do experimento

Ao final do ciclo de produção, as mudas de *E. urophylla* foram levadas para o plantio na Fazenda Experimental Edgárdia – FCA/Unesp (Figura 24).

A área utilizada no plantio foi de 36m de largura por 96 de comprimento, totalizando 0,35ha.

O período do experimento foi compreendido entre os meses de maio e outubro de 2019.

Figura 24 – Área na Fazenda Edgárdia destinada para o plantio em campo.



3.4.2 Tipo e preparo do solo

O solo do local é classificado segundo Rossi (2017) como Latossolo Vermelho da classe LV do tipo LV16.

O preparo do solo foi realizado 30 dias antes do plantio constituindo das seguintes operações: aplicação de herbicida pós-emergente em área total; aplicação de iscas formicidas a base de sulfuramida na área e no entorno para o controle de formigas cortadeiras (após dessecamento das plantas daninhas); revolvimento do solo (após 10 dias de aplicado o formicida) com uso de grades acopladas ao trator agrícola (Figura 25A); subsolagem na linha de plantio a uma profundidade 40cm (Figura 25B).

3.4.3 Realização do plantio

O plantio foi realizado com auxílio de uma matraca, com espaçamento de 3 x 2 (3m na entrelinha por 2m na linha) (Figura 25C e 25D). A irrigação foi realizada com aproximadamente 1L de solução de água com polímero hidroretentor por planta.

A calagem e a adubação de base foram realizadas no dia do plantio de forma localizada. Utilizou-se a mistura e aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 1 tonelada ha^{-1} (60 g por planta) e N-P-K 6-30-6 (50g de fertilizante por planta) em duas covetas laterais, a uma distância de 15cm da muda, em seguida, cobrindo com o solo.

Figura 25 – Preparo do solo (A e B); distribuição das mudas de *E. urophylla* nos blocos (C); medição do espaçamento (D).



Após 7 dias do plantio (DAP) houve uma nova irrigação, sendo aplicada em média 1L de água por planta com uma mangueira acoplada a um tanque. Aos 20 DAP, houve o replantio das mudas mortas.

Durante o período da pesquisa houve a capina manual (a redor das mudas quando necessário) e mecânica (nas entrelinhas) para evitar a competição com as plantas daninhas.

3.4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado em campo foi em faixas, se constituindo por 4 blocos de 18 plantas por parcela, totalizando 72 plantas úteis por tratamento e 576 plantas no experimento.

3.4.5 Avaliações

3.4.5.1 Variáveis meteorológicas

Os dados referentes à temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar global durante o período do experimento em campo (maio – outubro),

foram obtidos da estação meteorológica da Fazenda Lageado- FCA/Unesp, com a finalidade de descrever as condições climáticas depois do plantio.

3.4.5.2 Sobrevivência

A porcentagem de sobrevivência foi avaliada aos 30 e 60DAP, com contagem do número de plantas mortas por tratamento na área total.

3.4.5.3 Variáveis morfológicas

As avaliações de altura (Figura 26) e diâmetro de colo foram realizadas mensalmente, iniciando aos 30DAP até o sexto mês.

Figura 26 – Medição de altura por meio de uma régua milimetrada.



Fonte: J. J. V. Gomes - 2019

3.5 Análise estatística

A análise de variância foi utilizada para comparar o efeito dos tratamentos nas variáveis analisadas. Quando o valor do teste F indicou o efeito significativo foi utilizado o teste de Scott Knott ($p < 0,05$) para comparar as diferenças entre os tratamentos. As análises foram realizadas nos programas Mintab17 e AgroStat, bem como os gráficos no SigmaPlot.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fase de Viveiro

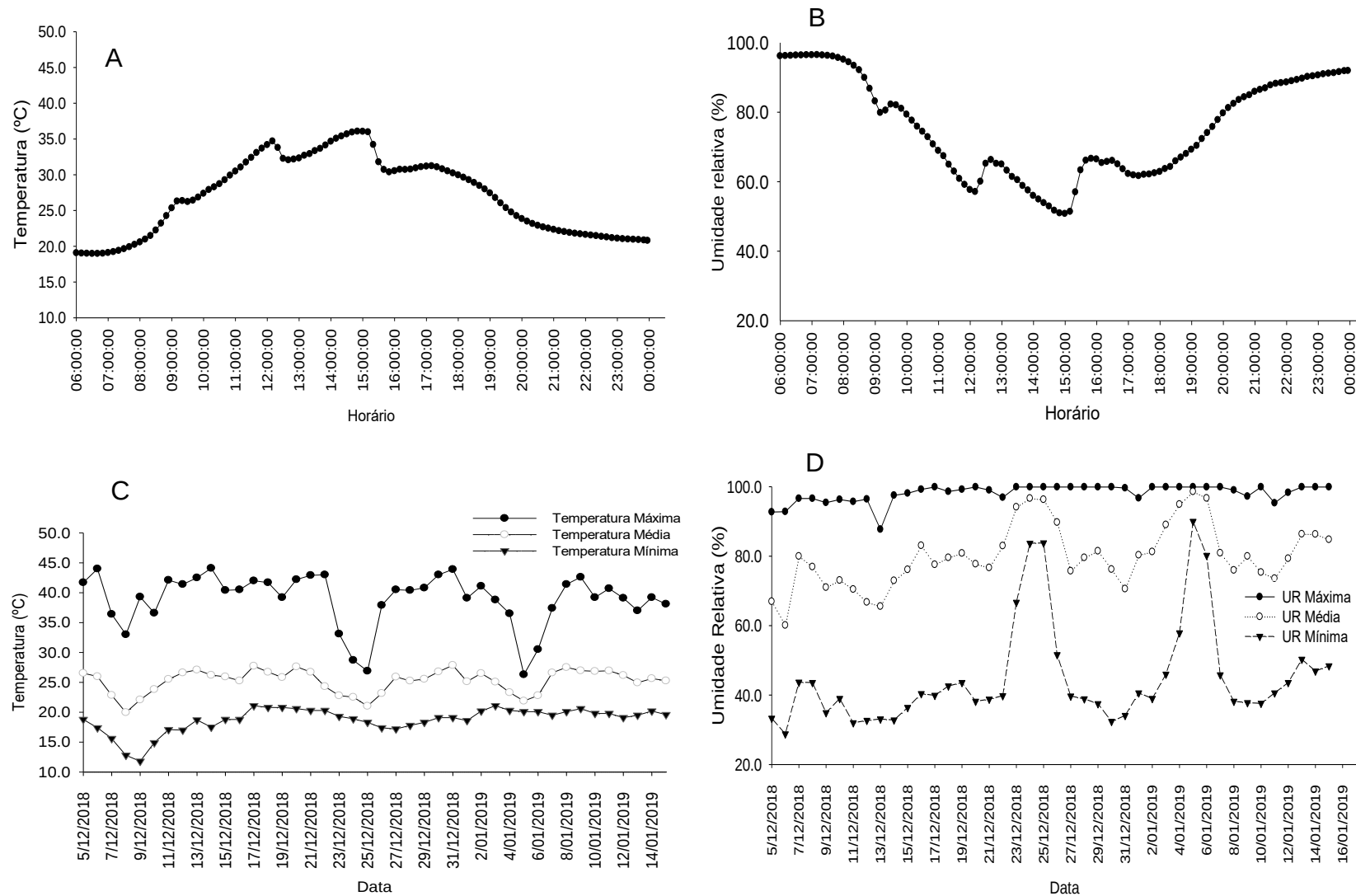
4.1.1 Variáveis meteorológicas

A temperatura média diária (°C) no interior do microambiente de produção ao longo do dia, foi menor nos horários em que as lâminas de irrigação foram programadas (9h, 12h e 15h) (Figura 27 A), e ao mesmo tempo, ocorreu aumento da UR nestes mesmos horários (Figura 27 B).

A média da temperatura máxima alcançou cerca de 45°C. As temperaturas mínimas se mantiveram mais constantes (entre 14°C e 21°C, à exceção de um curto período com uma queda mais brusca de temperatura (Figura 27 C).

O valor médio da umidade relativa do ar foi de 80% apresentando valores extremos de 99,9 e 28,8% (Figura 27D).

Figura 27 – Médias da Temperatura (°C) e UR (%) ao longo do dia; médias da temperatura (°C) e UR (%) máximas, médias e mínimas durante a produção de mudas de *E. urophylla*, no interior dos canteiros, respectivamente figuras A, B, C e D.



4.1.2 Fração de lixiviado (FL)

Os resultados obtidos na FL demonstram que houve interação entre a lâmina de irrigação e o tipo de bandeja aos 60 e 75 DAE (APÊNDICE A).

A lâmina de irrigação de 8mm produziu a menor FL em ambas as bandejas tanto aos 60 DAE quanto aos 75 DAE, exceto aos 60 DAE na bandeja coletora, cujo menor FL foi na lâmina de 11 mm. As demais lâminas produziram resultados semelhantes entre si (Tabela 1).

Nas avaliações aos 60 e 75 DAE, somente a lâmina de 8mm diferiu entre as bandejas, com maior FL na bandeja coletora. Aos 60 DAE, na lâmina de 11mm a maior FL foi na bandeja tradicional.

Tabela 1 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja (tradicional – BT e coletora – BC) na fração de lixiviado (%) de mudas de *E. urophylla* aos 60 e 75 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Fração de lixiviado (%)			
	60 DAE		75 DAE	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC
8	12,57 bB	37,65 bA	11,23 bB	36,71 bA
11	54,40 aA	28,17 bB	35,26 aA	34,36 bA
14	42,22 aA	48,16 aA	44,09 aA	52,54 aA
17	46,27 aA	51,29 aA	49,69 aA	43,47 aA

Para a mesma idade, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Gabira (2018) trabalhando com mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* submetidas a lâminas de irrigação de 11mm, 14mm e 17mm, em bandejas tradicionais, encontrou valores inferiores ao encontrado nesse estudo, provavelmente devido ao substrato ser diferente.

4.1.3 Condutividade elétrica (CE) da solução lixiviada

A CE da solução de fertirrigação utilizada foi de 2,0 dS m⁻¹, estando dentro da faixa de entre 1,5 a 3,0 dS m⁻¹ estabelecida por Rodrigues (2002) para espécies florestais.

Aos 60 DAE, os valores de CE da solução lixiviada das mudas produzidas na BT (Figura 28A) e na BC (Figura 28B) antes da fertirrigação (dia 1) apresentavam

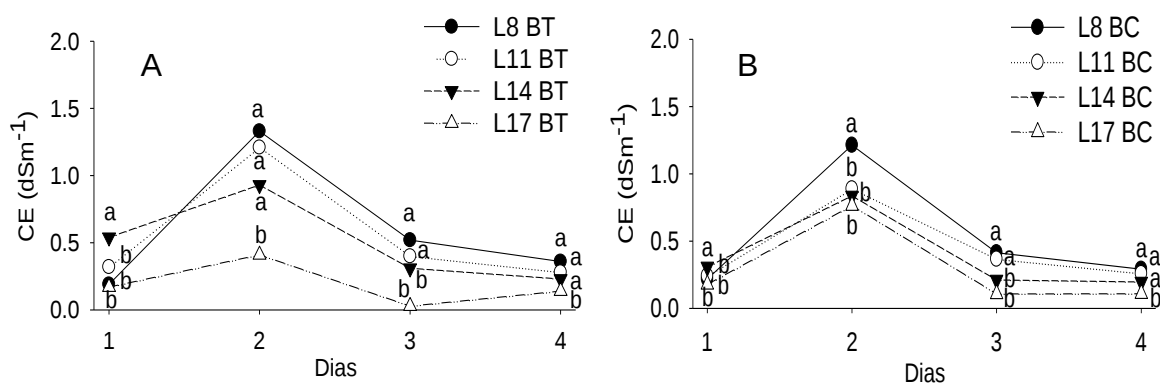
valores baixos como esperado, já que os nutrientes já tinham sido usados pelas mudas e perdidos na lixiviação do substrato.

Após a fertirrigação (dia 2) houve aumento esperado dos valores, mas já no terceiro e no quarto dias apresentaram valores semelhantes ao dia 1, principalmente nas lâminas maiores, mostrando o aproveitamento dos nutrientes pela planta, mas também o quanto lâminas excessivas podem desperdiçar nutrientes.

A L17BT e L17BC obtiveram uma CE menor quando comparada as outras lâminas durante a fertirrigação realizada, pelo efeito de diluição já que o volume lixiviado é superior. L8BT e L11BT tiveram uma queda na CE no terceiro dia, no entanto, superiores quando comparadas a L14BT e L17BT.

A CE da solução lixiviada da L8BC e L11BC foram superiores no dia 3 quando comparadas com a L14BC e L17BC. No dia quatro, a CE da L17BC foi menor aos outros tratamentos da BC.

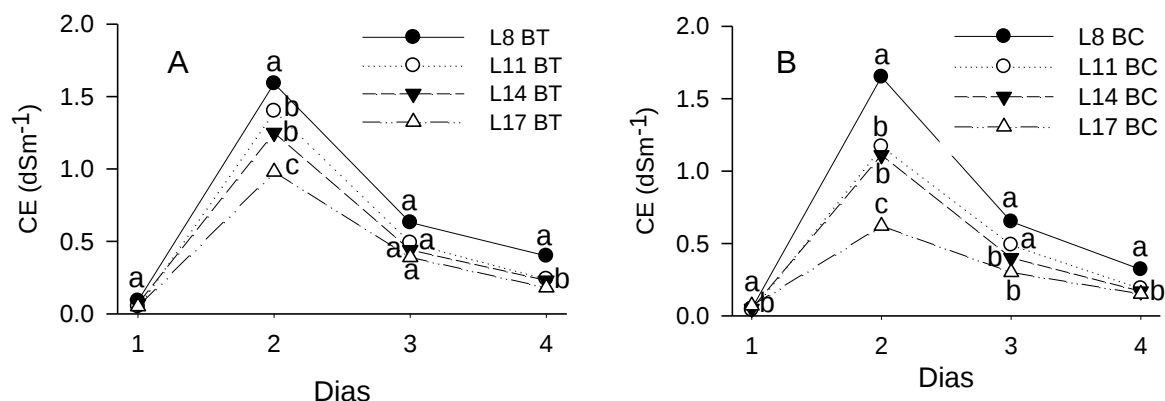
Figura 28 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada na fase de crescimento de mudas de *E. urophylla*, aos 60DAE, produzidas na bandeja tradicional (A) e bandeja coletora (B).



Aos 75 DAE, a CE da solução tanto das mudas produzidas nas BT (Figura 29A) quanto das BC (Figura 29B), diminuíram com o aumento das lâminas de irrigação, porém de uma forma mais pronunciada nas BC.

Durante a fertirrigação realizada aos 75 DAE observa-se que, maiores valores de CE da solução lixiviada obedece principalmente à quantidade de água fornecida, sendo que, maior a quantidade de água fornecida após fertirrigação, menor será a CE devido à baixa concentração de nutrientes.

Figura 29 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada na fase de crescimento de mudas de *E. urophylla*, aos 75DAE, produzidas na bandeja tradicional (A) e bandeja coletora (B).



Segundo Lamhamedi et al. (2001) quanto maior a demanda hídrica no sistema radicular, a lixiviação dos nutrientes aumenta exponencialmente, sendo que segundo Souza et al. (2008) a lixiviação é proporcional à quantidade de nutrientes no substrato. Porém, deve se optar por melhores sistemas de irrigação para evitar a perda de nutrientes por lixiviação reduzindo a perda de água sem causar prejuízo na qualidade das mudas (ROSS et al., 2017).

A escolha de um substrato com CE menor do que a CE da solução de fertirrigação, de acordo com o sugerido por Rodrigues (2002), proporcionou a CE adequada. Ao contrário, se a escolha for de um substrato com uma alta CE, esta pode interferir nas atividades fisiológicas da planta como a absorção de água e nutrientes pelos altos níveis de salinidade gerados, afetando as raízes e os pelos radiculares, favorecendo a ocorrência de patógenos, causando assim prejuízo na produção de mudas.

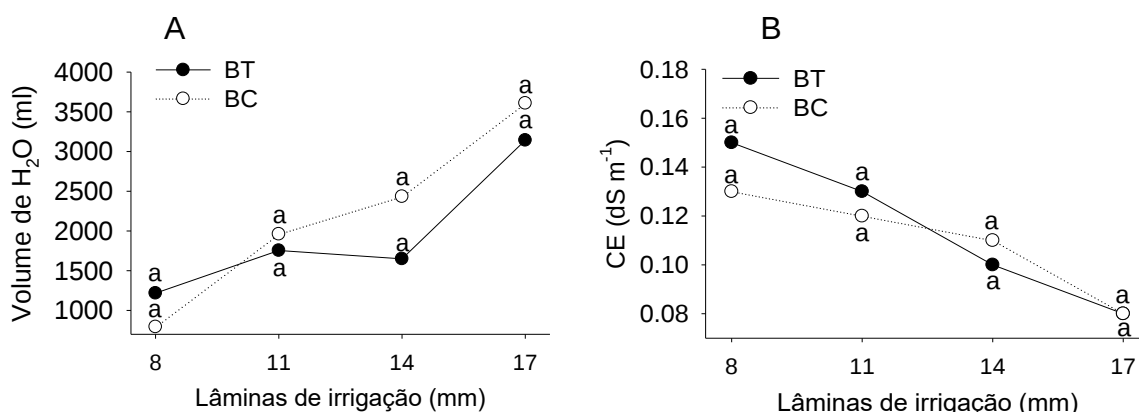
4.1.4 Volume de água perdida e mensuração da CE da solução

O tipo de bandeja não influenciou no volume de água escoada, assim como na CE (Figura 30A).

Considerando o efeito das lâminas de irrigação, na BC o volume escoado foi crescente em função do aumento das lâminas de irrigação. Já na BT, o volume foi semelhante entre as lâminas 8, 11 e 14mm, diferenciando da lâmina de 17mm (Figura 30A). A CE da solução foi decrescente em função do aumento da lâmina para ambas

as bandejas e de uma forma mais acentuada para a BT. Dentro de cada lâmina, os valores da CE da solução lixiviada foram semelhantes entre BT e BC (Figura 30B).

Figura 30 – Volume total (ml) de água escoada no fundo do galão (A) e CE (dS m⁻¹) desta água (B) em função das lâminas de irrigação aplicadas às mudas de *E. urophylla*, em ambas as bandejas.



4.1.5. Variáveis morfológicas

Houve interação entre a lâmina de irrigação e tipo de bandeja para quase todas as variáveis morfológicas, exceto para relação altura: diâmetro de colo (APÊNDICE B).

4.1.5.1 Altura (H) e diâmetro do colo (DC)

As mudas submetidas às lâminas de 8 e 11mm apresentaram maiores altura e diâmetro do colo quando produzidas na BC. Sob lâminas maiores não houve diferença entre os tipos de bandeja (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na altura (H) (cm) e no diâmetro do colo (DC) (mm) de mudas de *E. urophylla*, aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	H (cm)		DC (mm)	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC
8	27,8 aB	33,5 aA	3,37 bB	4,16 aA
11	28,3 aB	32,8 aA	3,49 bB	4,08 aA
14	28,4 aA	29,9 bA	3,44 bB	3,74 cA
17	27,8 aA	30,8 bA	3,68 aB	3,94 bA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

A lâmina de irrigação não influenciou a altura das mudas quando usadas a BT, mas quando usadas a BC, as menores lâminas (8 e 11mm) produziram maiores alturas e diâmetros. Este resultado tem relação com a suficiente quantidade de água e menor lixiviação de nutrientes nestes manejos hídricos.

Todos os tratamentos atingiram altura e diâmetro de colo recomendável para plantio em campo segundo Gruber (2006); Gomes et al. (2003); Lopes (2004).

4.1.5.2 Massa seca (aérea, radicular e total)

As mudas produzidas na BC produziram as maiores massas (aérea, radicular e total) sendo que somente na maior lâmina (17mm) houve semelhança da MSR e MST entre as bandejas (Tabela 3).

Comparando o efeito das lâminas dentro de cada bandeja, as mudas das bandejas tradicionais tiveram maiores MSR e MST na lâmina de 17mm, já a MSA só diferiu na menor lâmina (8mm) com o menor valor. Padrão diferente foi encontrado nas mudas das bandejas coletoras, as quais tiveram maiores MSR e MST quando submetidas à lâmina de 8mm.

O aumento da lâmina de irrigação pode gerar mudas com menores biomassas em função de maior perda de nutrientes, o que ocorreu nesta pesquisa. Como a BC é mais eficiente na captura de água, a menor lâmina já foi suficiente e com menor lixiviado, a muda teve mais nutrientes para seu crescimento.

Gruber (2006) não encontrou diferenças estatísticas nas MSR em função das lâminas de irrigação. Por outro lado, no estudo de Lopes (2004) a MSR foi crescente

em função do aumento das lâminas de irrigação aplicadas. Ambos os trabalhos com *Eucalyptus* spp.

Tabela 3 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	MSA (g)		MSR (g)		MST (g)	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC	BT	BC
8	1,61 bB	2,34 aA	1,01 bB	1,45 aA	2,62 bB	3,78 aA
11	1,90 aB	2,16 aA	0,98 bB	1,22 bA	2,88 bB	3,38 bA
14	1,80 aA	1,97 bA	1,03 bB	1,16 bA	2,83 bB	3,13 bA
17	1,90 aB	2,15 aA	1,26 aA	1,23 bA	3,16 aA	3,38 bA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.5.3 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

As mudas produzidas na BC apresentaram mudas com maior IQD quando comparadas as produzidas na BT, com exceção das mudas sob 17mm que foram semelhantes entre bandejas (Tabela 4).

Para as mudas produzidas na BT foi necessária a maior lâmina de irrigação para atingir o maior IQD. Já para as mudas da BC, a menor lâmina produziu o maior IQD.

Tabela 4 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	IQD	
	Tipo de bandeja	
	BT	BC
8	0,27 bB	0,39 aA
11	0,29 bB	0,35 bA
14	0,28 bB	0,33 bA
17	0,33 aA	0,35 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Hunt (1990) recomenda valores acima de 0,20 para o IQD, sendo assim, todos os tratamentos se apresentaram dentro do recomendável, sendo o melhor deles a L8BC.

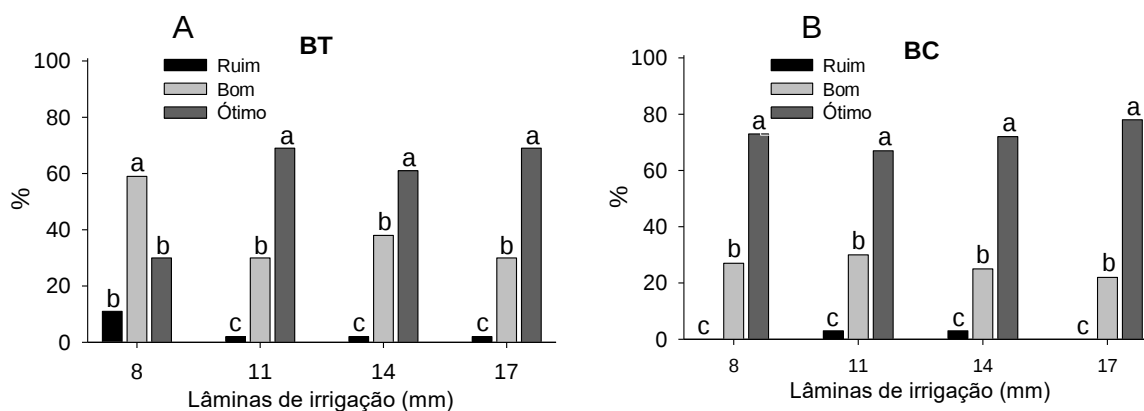
4.1.5.4 Conformação do sistema radicular (CSR)

Quanto à classificação de conformação do sistema radicular (Figura 31), as mudas produzidas na L8BC e L17BC, apresentaram maior qualidade, pois 100% das mudas apresentaram sistema radicular apto para o plantio em campo. A porcentagem de mudas com sistema radicular considerado ótimo e bom foram respectivamente, de 78% e 22%, para L17BC e de 73% e 27% para L8BC.

A BT (Figura 31A) produziu a maior porcentagem de mudas inaptas para plantio, sendo a lâmina de 8mm a que teve maior %. A BC (Figura 31B) tanto na lâmina de 8mm quanto de 17mm tiveram 100% de mudas aptas.

Garcia (2012) ao produzir mudas do mesmo clone usando a bandeja tradicional, conseguiu 100% de mudas aptas ao plantio em campo produzindo com uma lâmina de irrigação de 16mm parcelada duas vezes ao dia.

Figura 31 – Classificação da conformação do sistema radicular (CSR) (%) de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE produzidas na Bandeja Tradicional - BT (A) e na Bandeja Coletora - BC (B).



Segundo Delarmelina et al. (2014) as propriedades físicas e químicas do substrato influem no desenvolvimento e a agregação do sistema radicular das mudas. Sendo estas mesmas propriedades consideradas como um indicador para garantir a sobrevivência e o desenvolvimento após o plantio (DAVIS; JACOBS, 2005; MAEDA et al., 2006).

4.1.5.5 Área foliar (AF)

Houve interação entre a lâmina de irrigação e o tipo de bandejas para a área foliar das mudas (APÊNDICE C).

As mudas produzidas com as lâminas de irrigação menores (8 e 11mm) apresentaram maior área foliar quando usadas as BC, mas quando produzidas com as lâminas de irrigação maiores (14 e 17mm) foram semelhantes às da BT (Tabela 5).

Para as mudas produzidas na BT, as lâminas de irrigação não influenciaram a área foliar. Já as mudas produzidas na BC, apresentaram maiores áreas foliares nas menores lâminas (8 e 11mm).

Silva et al. (2015) em estudo com dois clones de *Eucalyptus* spp verificaram redução da AF nas mudas submetidas a déficit hídrico independente da aplicação de de boro.

Tabela 5 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na área foliar (AF) de mudas de *E. urophylla*, aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	AF (cm ²)	
	Tipo de bandeja	
	BT	BC
8	126,66 aB	178,69 aA
11	143,69 aB	181,52 aA
14	144,93 aA	148,26 bA
17	138,23 aA	112,88 cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.6 Variáveis fisiológicas

4.1.6.1 Transpiração diária (TD)

A transpiração diária foi influenciada pela lâmina de irrigação aplicada e o tipo de bandeja, mas não apresentou interação entre os fatores estudados (APÊNDICE D).

A transpiração das mudas de *E. urophylla* foi maior naquelas produzidas nas lâminas de irrigação de 14 e 17mm. As lâminas de 8 e 11mm proporcionaram transpiração semelhantes entre si e inferiores às de 14 e 17mm (Tabela 6).

Tabela 6 – Efeito das lâminas de irrigação na transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas de *E. urophylla*, aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
8	12,45 b
11	13,58 b
14	15,77 a
17	17,69 a

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Esses dados confirmam o descrito por Silva et al. (2015), nas quais mudas produzidas sob condição de déficit hídrico apresentaram taxas de transpiração inferiores às mudas que não foram submetidas à estresse, resultante da menor condutância estomática. Segundo Paula et al. (2012) o fechamento estomático é a primeira resposta para reduzir a perda de água em condições de deficiência hídrica.

A transpiração foi maior nas mudas produzidas na BC, indicando que essas mudas tiveram maior aporte de água durante o ciclo de produção (Tabela 7).

Tabela 7 – Efeito do tipo de bandeja na transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas de *E. urophylla*, aos 90DAE.

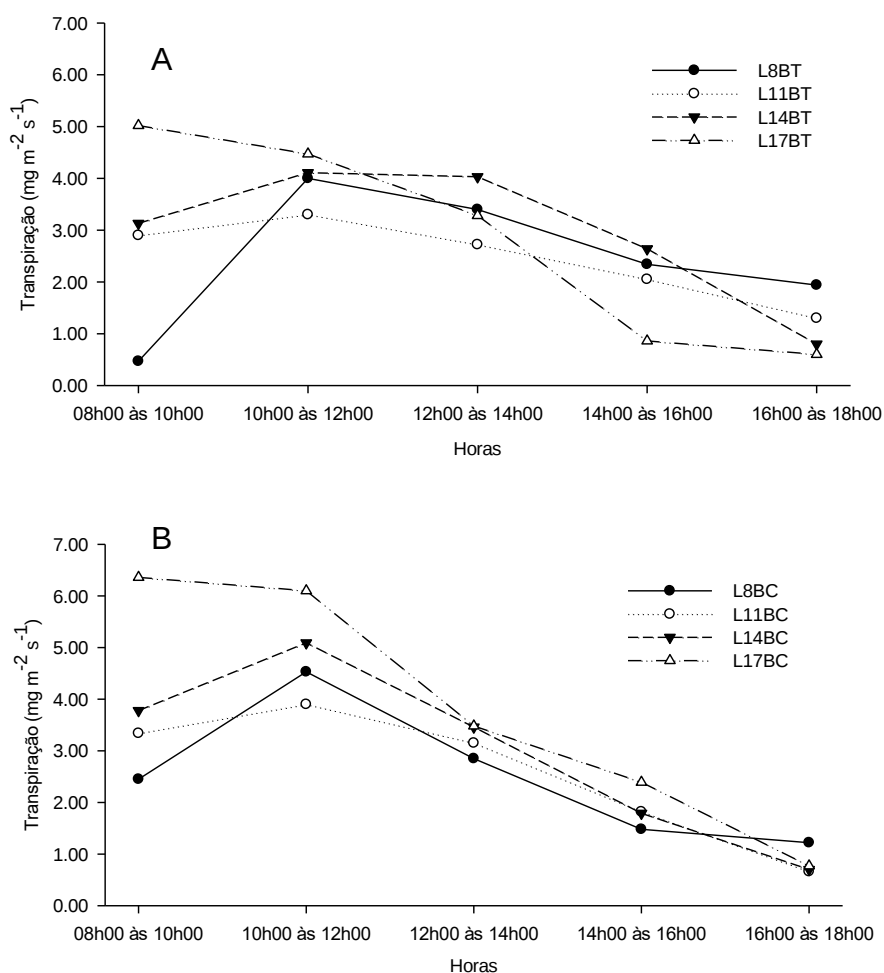
Tipo de bandeja	Transpiração ($\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Bandeja tradicional	13,99 b
Bandeja coletora	15,75 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

A transpiração das mudas produzidas nas BT, ao longo do dia, teve padrões diferentes em função da lâmina de irrigação aplicada. Na lâmina de 8mm a transpiração das mudas iniciou-se baixa e teve uma elevação acentuada no período das 10h às 12h, a partir desse momento entrou em queda. As mudas produzidas na lâmina de 17mm apresentaram a maior transpiração no período das 8 às 10h, seguido por queda, com destaque para o período das 14 às 16h (Figura 32 A).

Para as mudas produzidas nas BC, a transpiração foi maior no período das 10 às 12h independente da lâmina de irrigação, mas as mudas sob 17mm, diferente das demais, iniciou a manhã com altos valores (Tabela 32 B).

Figura 32 - Transpiração ao longo do dia das mudas de *E. urophylla* produzidas na Bandeja Tradicional - BT (A) e na Bandeja Coletora - BC (B) com diferentes lâminas de irrigação, aos 85DAE.



Segundo Vellini et al. (2008), quanto maior a lâmina de água aplicada nas mudas, maior é a transpiração depois de realizada a irrigação. O déficit hídrico e a elevação da temperatura, devido à maior radiação incidida sobre as folhas, incrementa a diferença de pressão, reduzindo a capacidade metabólica da muda, podendo atingir o ponto de murcha permanente seguida da morte devido à elevação da taxa transpiratória (RODRIGUES, 2011).

Nesta pesquisa, as mudas avaliadas não atingiram o ponto de murcha permanente, conseguindo se recuperar após finalizada a avaliação e feita uma irrigação.

4.1.6.2 Potencial hídrico foliar (Ψ)

O potencial hídrico foliar medido antes do amanhecer (*predawn*) foi influenciado apenas pela lâmina de irrigação. Já o potencial hídrico foliar ao meio-dia (*midday*) apresentou interação entre as lâminas de irrigação e o tipo de bandeja (APÊNDICE E).

O potencial hídrico foliar *predawn* (Tabela 8) das mudas produzidas com 8 e 17mm apresentaram valores semelhantes e maiores quando comparadas às mudas sob 11 e 14mm.

Tabela 8 – Efeito das lâminas de irrigação no potencial hídrico foliar (Ψ) antes do amanhecer de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Ψ (MPa) <i>predaw</i>
8	-1,16 b
11	-1,44 a
14	-1,37 a
17	-1,23 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O potencial hídrico foliar *midday* (Tabela 9) das mudas produzidas na BT foi menor nas plantas submetidas à lâmina de 8mm, nas demais lâminas foram semelhantes entre si. Nas mudas produzidas na BC, os potenciais das plantas sob 8 e 11mm foram semelhantes e menores que nas lâminas 14 e 17mm. Entre bandejas, só houve diferença nas mudas sob 11mm, sendo o menor potencial encontrado nas mudas da BC.

Tabela 9 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no potencial hídrico foliar (Ψ) ao meio-dia, de mudas de *E. urophylla*, aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Ψ (MPa)	
	Tipo de bandeja	
	BT	BC
8	-1,77 aA	-1,61 aA
11	-1,38 bB	-1,80 aA
14	-1,57 bA	-1,36 bA
17	-1,44 bA	-1,24 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Segundo Taiz et al. (2017) o potencial hídrico foliar varia de -0,2 MPa a cerca de -2,5 MPa em folhas de árvores e arbustos bem hidratadas. Segundo Costa (2001) a maior parte das espécies vegetais situa-se num potencial hídrico foliar entre -0,5 e -3,0 MPa, sendo que os valores são mais negativos quando a água se torna escassa diminuindo a pressão de turgência.

4.1.6.3 Intensidade da coloração verde das folhas (ICV)

A variável ICV foi influenciada pelas lâminas de irrigação e tipos de bandejas, mas não houve interação (APÊNDICE F).

As mudas submetidas a uma lâmina de irrigação menor (8mm) apresentaram maior ICV e as demais lâminas não diferiram entre si (Tabela 10).

Segundo Sampaio (2014) a ICV se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio, e que, segundo Marengo e Lopes (2009), isso se deve ao fato de 70% do nitrogênio contido nas folhas participarem da síntese e estrutura das moléculas de clorofila.

Tabela 10 – Efeito das lâminas de irrigação no Índice de Cor Verde - ICV (SPAD) das folhas de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	ICV (SPAD)
8	34,52 a
11	31,94 b
14	31,91 b
17	31,34 b

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O ICV das mudas produzidas na BT foi maior quando comparadas às produzidas na BC (Tabela 11). O fato das mudas produzidas com a menor lâmina de irrigação e na BT terem seus ICV maiores está relacionado ao efeito de diluição, já que houve menor crescimento das plantas nestas condições.

Tabela 11 – Efeito do tipo de bandeja no Índice de Cor Verde - ICV (SPAD) das folhas de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE.

Tipo de bandeja	ICV (SPAD)
Bandeja tradicional	33,02 a
Bandeja coletora	31,83 b

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.6.4 Trocas gasosas

Não houve efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja nas trocas gasosas das mudas (APÊNDICE G), mesmo tendo existido crescimentos diferentes. Como estas variáveis foram coletadas somente ao final da produção das mudas em um único dia, talvez seja a justificativa para que estes dados não reflitam o crescimento da planta nos diferentes tratamentos.

4.1.7 Análise nutricional

4.1.7.1 Teor de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea

Houve interação entre lâminas de irrigação e o tipo de bandeja para os teores de cálcio, boro e cobre da parte aérea das mudas (APÊNDICE H).

Em mudas produzidas na BT, o teor de Ca na parte aérea foi superior naquelas submetidas à 17mm. Já nas mudas produzidas na BC, as lâminas não influenciaram o teor de Ca. Nas menores lâminas (8 e 11mm) os teores de Ca foram semelhantes entre as mudas de BT e BC, diferentemente das lâminas maiores (Tabela 12).

Em mudas produzidas na BT o menor teor de B foi nas mudas produzidas com 8mm, as demais lâminas tiveram resultados semelhantes entre si. Nas mudas produzidas na BC, a irrigação não influenciou o teor de B. As lâminas de irrigação de 14 e 17mm produziram mudas com teores semelhantes de B independentemente do tipo de bandeja.

Tabela 12 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no teor de cálcio (Ca) (g kg^{-1}), boro (B) e cobre (Cu) (mg Kg^{-1}) na parte aérea das mudas de *E. urophylla*, aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Macronutrientes (g kg^{-1})		Micronutrientes (mg kg^{-1})			
	Ca		B		Cu	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC	BT	BC
8	6,77 bA	6,90 aA	20,18 bB	25,61 aA	3,33 aA	0,33 aB
11	6,47 bA	6,50 aA	26,82 aA	22,84 aB	4,33 aA	0,00 aB
14	6,50 bB	7,30 aA	28,08 aA	29,18 aA	3,67 aA	1,00 aB
17	7,97 aA	7,20 aB	24,85 aA	22,09 aA	1,33 bA	0,33 aA

Para o mesmo nutriente médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Os teores de Cu das mudas produzidas na BT foram superiores às produzidas na BC excetuando às produzidas com 17mm, os quais foram semelhantes entre bandejas. Nas mudas produzidas na BT, o menor teor de Cu foi encontrado com 17mm. Nas mudas produzidas na BC, os teores foram semelhantes em todas as lâminas de irrigação.

Os teores de Fe, Mn e Zn da parte aérea das mudas foram influenciados somente pela lâmina de irrigação (Tabela 13). O teor de Fe foi inferior nas mudas cultivadas com 17mm. Quanto ao Mn os teores foram superiores quando cultivadas com 8 e 14mm. Os teores de Zn foram maiores nas mudas submetidas às lâminas de 14 e 17mm.

Tabela 13 – Efeito das lâminas de irrigação no teor de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg^{-1}) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg^{-1} -----		
8	55,50 a	298,17 a	27,33 b
11	46,17 a	272,50 b	26,50 b
14	50,33 a	306,83 a	28,67 a
17	34,00 b	247,50 b	29,33 a

Para o mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O teor de Mn na parte aérea das mudas foi influenciado somente pelo tipo de bandeja usada, sendo maior nas mudas produzidas na BT (Tabela 14).

Tabela 14 – Efeito do tipo de bandeja no teor de manganês (Mn) (mg kg⁻¹) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Tipo de bandeja	Mn (mg kg ⁻¹)
Bandeja tradicional	303,92 a
Bandeja coletora	258,58 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.7.2 Teor de macronutrientes e micronutrientes nas raízes

Houve interação entre lâminas de irrigação e o tipo de bandeja para os teores de cálcio e magnésio nas raízes das mudas (APÊNDICE I).

As mudas produzidas na BT apresentaram teores de Ca nas raízes semelhantes independente da lâmina de irrigação aplicada. As produzidas na BC tiveram maior teor de Ca quando submetidas a 17mm. Entre bandejas não houve diferença, exceto nas mudas da lâmina de 17mm que teve maior teor de Ca quando produzidas na BC (Tabela 15).

Com relação aos teores de Mg nas raízes, as mudas cultivadas na BC não sofreram influência das lâminas de irrigação. Nas mudas da BT o maior teor foi encontrado nas mudas sob 8mm, nas demais lâminas foram semelhantes entre si. Entre bandejas somente na lâmina de 8mm houve diferença, tendo maior teor de Mg nas raízes das mudas de BT (Tabela 15).

Tabela 15 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (g Kg⁻¹) nas raízes das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Macronutrientes (g kg ⁻¹)			
	Ca		Mg	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC
8	5,30 aA	3,67 bA	3,63 aA	2,60 aB
11	4,90 aA	3,87 bA	2,47 bA	2,33 aA
14	4,47 aA	3,97 bA	3,03 bA	3,07 aA
17	4,17 aB	7,43 aA	2,77 bA	2,67 aA

Para o mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

As lâminas de irrigação influenciaram os teores de Fe, Mn e Zn nas raízes das mudas, porém sem nenhuma tendência clara (Tabela 16).

Tabela 16 – Efeito das lâminas de irrigação no teor de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn)(mg kg⁻¹) nas raízes das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----		
8	2207,50 a	83,50 b	43,83 a
11	1671,17 b	94,83 a	40,17 b
14	2056,33 a	100,50 a	44,00 a
17	1964,33 a	71,33 c	36,17 b

Para o mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O tipo de bandeja influenciou no teor de Cu e Mn das raízes. O teor de Cu foi maior nas mudas produzidas na BC. Enquanto o teor de Mn nas raízes foi maior nas mudas produzidas na BT (Tabela 17).

Tabela 17 – Efeito do tipo de bandeja no teor de cobre (Cu) e manganês (Mn) (mg kg⁻¹) na parte radicular das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Tipo de bandeja	Cu	Mn
	----- mg kg ⁻¹ -----	
Bandeja tradicional	5,25 b	93,92 a
Bandeja coletora	6,25 a	81,17 b

Para o mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.7.3 Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea

Houve interação da lâmina de irrigação e o tipo de bandeja no acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea do Ca, B, Cu e Mn respectivamente (APÊNDICE J).

Semelhante ao que ocorreu no teor, o acúmulo de Ca nas mudas da BT foi maior naquelas irrigadas com 17mm, e nas demais lâminas os valores foram semelhantes. Nas mudas produzidas na BC não houve diferença entre as lâminas de irrigação (Tabela 18).

A interação entre a lâmina de irrigação e o tipo de bandeja no acúmulo de B na parte aérea das mudas não teve uma tendência clara.

O acúmulo de Cu não foi influenciado pelas lâminas de irrigação, em mudas de ambas as bandejas e os valores sempre foram maiores nas mudas da BT, exceto quando submetidas a 17mm, cujo valor semelhante.

Quanto ao Mn, as mudas da BT tiveram valores semelhantes em todas as lâminas de irrigação. As mudas de BC acumularam Mn em função das lâminas, mas sem uma tendência clara. Comparando as mudas de ambas as bandejas, só teve diferença entre elas sob a lâmina de 8mm, sendo as mudas da BC com maiores acúmulos de Mn (Tabela 18).

Tabela 18 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no acúmulo de cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn) (mg planta⁻¹) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	Ca ----- g planta ⁻¹ -----		B ----- mg planta ⁻¹ -----		Cu ----- mg planta ⁻¹ -----		Mn ----- mg planta ⁻¹ -----	
	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC	BT	BC	BT	BC
8	11,21 bB	15,81 aA	33,73 bB	58,69 aA	5,56 aA	0,76 aB	528,50 aB	635,60 aA
11	12,59 bA	13,85 aA	52,25 aA	48,67 bA	8,43 aA	0,00 aB	585,45 aA	520,61 bA
14	12,00 bB	14,79 aA	51,77 aB	59,14 aA	6,77 aA	2,07 aB	588,39 aA	595,25 aA
17	14,84 aA	14,47 aA	46,39 bA	44,31 bA	2,51 aA	0,68 aA	517,14 aA	438,69 bA

Dentro de um mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O acúmulo de P, K, Mg, S e Zn foi afetado somente pelo tipo de bandeja usado na produção, com maiores valores nas mudas produzidas na BC (Tabela 19).

Tabela 19 – Efeito do tipo de bandeja no acúmulo de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e zinco (Zn) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Tipo de bandeja	P	K	Mg	S	Zn
	----- g planta ⁻¹ -----				mg planta ⁻¹
Bandeja tradicional	2,68 b	18,40 b	4,93 b	1,49 b	51,59 b
Bandeja coletora	3,20 a	22,26 a	5,62 a	1,69 a	58,36 a

Dentro de um mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.7.4 Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes nas raízes

Houve interação da lâmina de irrigação e do tipo de bandeja no acúmulo de K, S, B e Mn nas raízes das mudas (APÊNDICE K).

Mudas produzidas na BT tiveram maior acúmulo de K, S e B com 17mm. O Mn não foi influenciado pela lâmina de irrigação. Para as mudas de BC o acúmulo de K e S foi maior nas mudas de 8mm, não existindo diferença entre as demais lâminas. O B não foi afetado pelas lâminas e o Mn teve maior acúmulo nas mudas de 17mm. De uma forma geral, as mudas da BC tiveram maiores acúmulos que as da BT, mas na maior lâmina (17mm) não existiu diferença, e no caso do Mn, nesta lâmina, as mudas de BT tiveram maior acúmulo que as de BC (Tabela 20).

Tabela 20 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja no acúmulo de potássio (K) e enxofre (S) (g planta⁻¹), boro (B) e manganês (Mn) (mg planta⁻¹) nas raízes das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas	K		S		B		Mn	
de	----- g planta ⁻¹ -----				----- mg planta ⁻¹ -----			
irrigação	Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja		Tipo de bandeja	
	BT	BC	BT	BC	BT	BC	BT	BC
(mm)								
8	5,78 bB	8,28 aA	1,04 bB	1,50 aA	32,89 bB	51,11 aA	92,06 aB	112,58 aA
11	5,28 bB	6,71 bA	0,83 bB	1,11 bA	33,16 bB	48,14 aA	99,25 aA	105,67 aA
14	5,34 bB	6,80 bA	0,90 bB	1,26 bA	37,28 bA	44,36 aA	107,38 aB	123,01 aA
17	6,53 aA	6,89 bA	1,14 aA	1,16 bA	45,73 aA	49,13 aA	98,64 aA	79,60 bB

Dentro de um mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

As lâminas de irrigação aplicadas influenciaram no acúmulo de N, P, Ca, Mg, Fe e Zn nas raízes. O acúmulo de N, P e Fe foi maior nas mudas irrigadas com 8mm. O acúmulo de Ca foi maior nas mudas produzidas com 17mm. Mg e Zn foram influenciados pela irrigação, mas sem um padrão claro (Tabela 21).

Tabela 21 – Efeito das lâminas de irrigação no acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (g planta⁻¹), ferro (Fe) e zinco (Zn) (mg planta⁻¹) nas raízes das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Lâminas de irrigação (mm)	N	P	Ca	Mg	Fe	Zn
	g planta ⁻¹			mg planta ⁻¹		
8	8,55 a	1,21 a	5,37 b	3,74 a	2716,92 a	53,60 a
11	6,65 b	0,91 b	4,73 b	2,62 b	1821,07 c	43,86 b
14	7,17 b	0,99 b	4,82 b	3,51 a	2369,62 b	51,37 a
17	7,49 b	1,01 b	7,31 a	3,40 a	2456,10 b	45,24 b

Dentro de um mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O tipo de bandeja influenciou no acúmulo de N, Cu, Fe e Zn nas raízes, sendo que as mudas produzidas na BC apresentaram maiores acúmulos comparadas às mudas produzidas na BT (Tabela 22).

Tabela 22 – Efeito do tipo de bandeja no acúmulo de nitrogênio (N) (g planta⁻¹), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) (mg planta⁻¹) na parte radicular das mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE.

Tipo de bandeja	N	Cu	Fe	Zn
	--- g kg ⁻¹ ---	----- mg kg ⁻¹ -----		
Bandeja tradicional	6,72 b	5,57 b	2127,86 b	42,12 b
Bandeja coletora	8,22 a	8,12 a	2553,99 a	54,92 a

Dentro de um mesmo nutriente, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.2 Desempenho no Campo

4.2.1 Sobrevivência

Houve interação das lâminas de irrigação e o tipo de bandeja na taxa de sobrevivência em campo aos 30 e 60 DAP (dias após o plantio) (APÊNDICE L).

As mudas produzidas na BT apresentaram taxas de sobrevivência semelhantes independentemente das lâminas de irrigação aplicadas. Nas mudas produzidas na BC a sobrevivência foi menor quando irrigadas com 17mm, as demais lâminas apresentaram sobrevivência semelhantes e acima de 90% (Tabela 23).

Tabela 23 – Efeito das lâminas de irrigação e dos tipos de bandeja na sobrevivência das mudas de *E. urophylla* aos 30 e 60 DAP.

Lâminas de irrigação (mm)	Sobrevivência (%)	
	Tipo de bandeja	
	BT	BC
8	84,75 aB	97,25 aA
11	94,50 aA	97,00 aA
14	86,00 aA	91,50 aA
17	94,50 aA	79,25 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Mudas produzidas com uma lâmina de irrigação de 8mm tiveram maior sobrevivência quando usadas a BC, já nas mudas produzidas com uma lâmina de irrigação de 11 e 14mm os percentuais de sobrevivência foram semelhantes entre

bandejas, e quando produzidas com 17mm, as mudas da BT foram superiores na sobrevivência.

O baixo percentual de sobrevivência nas mudas da BC submetidas a 17mm, está associado a uma menor rusticidade, respaldada pelos resultados da transpiração (Tabela 6 e Tabela 7).

A baixa sobrevivência das mudas da BT 8mm pode estar relacionada com a menor qualidade do sistema radicular, já que esse tratamento apresentou a maior porcentagem de mudas com conformação ruim (Figura 33).

As condições climáticas no primeiro mês do plantio mostram que a precipitação foi mínima (APÊNDICE O), o que pode ter favorecido as mudas que estavam mais adaptadas.

Mudas robustas e que apresentam maior porcentual de emissão de raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência no campo (FREITAS et al., 2008).

Aos 15 DAP, as mudas apresentavam sintomas de estresse hídrico, esse sintoma teve influência das lâminas de irrigação aplicadas no viveiro (APÊNDICE M).

Mudas produzidas com uma lâmina de irrigação de 8 e 11mm apresentaram menor percentual de plantas com sintomas de estresse hídrico quando comparadas as produzidas com lâminas de irrigação superiores (14 e 17mm) demonstrando que estas mudas estavam menos rustificadas que as de menores lâminas (Tabela 24).

Tabela 24 – Percentual de plantas de *E. urophylla* com sintoma de estresse hídrico aos 15 DAP.

Lâminas de irrigação (mm)	Plantas com sintomas (%)
8	11,13 b
11	7,13 b
14	26,38 a
17	37,63 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Aos 30DAP houve interação das lâminas de irrigação e os tipos de bandejas utilizadas para a produção sob o sintoma de estresse hídrico (Tabela 25).

As mudas produzidas na BT apresentaram percentuais de plantas com sintomas de estresse hídrico semelhantes independentemente da lâmina de irrigação aplicada no viveiro. Já as mudas da BC tiveram maior % de mudas com sintomas naquelas submetidas a 17mm.

Os maiores % de estresse foram nas mudas da BC com 17mm e nas da BT com 8mm, o que refletiu na menor % de sobrevivência (Tabela 23).

Tabela 25 – Percentual de plantas de *E. urophylla* com sintomas de estresse hídrico aos 30 DAP.

Lâminas de irrigação (mm)	Estresse (%)	
	Tipo de bandeja	
	BT	BC
8	15,25 aA	2,75 bB
11	5,50 aA	3,00 bA
14	12,50 aA	8,50 bA
17	5,50 aB	20,78 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.2.2 Altura e diâmetro do colo após o plantio

As lâminas de irrigação aplicadas nas mudas influenciaram a altura das plantas até 60 dias após o plantio no campo. A partir daí não houve mais influência do manejo hídrico no viveiro até a avaliação final aos 180 DAP. O diâmetro não foi afetado pelo manejo hídrico. O tipo de bandeja usada na produção influenciou na altura e no diâmetro do colo das plantas até 30 dias após o plantio, a partir do qual não houve mais influência (APÊNDICE N).

As mudas produzidas com uma lâmina de irrigação de 17mm apresentaram maiores alturas no campo aos 30 e 60 dias após o plantio (Tabela 26).

Tabela 26 – Efeito das lâminas de irrigação na altura (H) de *E. urophylla* após 30 e 60 dias após o plantio (DAP) no campo.

Lâminas de irrigação (mm)	H (cm)	
	30 DAP	60 DAP
8	51,19 b	56,61 b
11	51,11 b	53,56 b
14	54,71 b	58,56 b
17	59,80 a	64,45 a

Dentro de uma mesma época, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

As mudas produzidas na BC proporcionaram plantas com maiores alturas e diâmetros 30 dias após o plantio (Tabela 27) a partir do qual não houve influência deste fator até a medição final aos 180 dias.

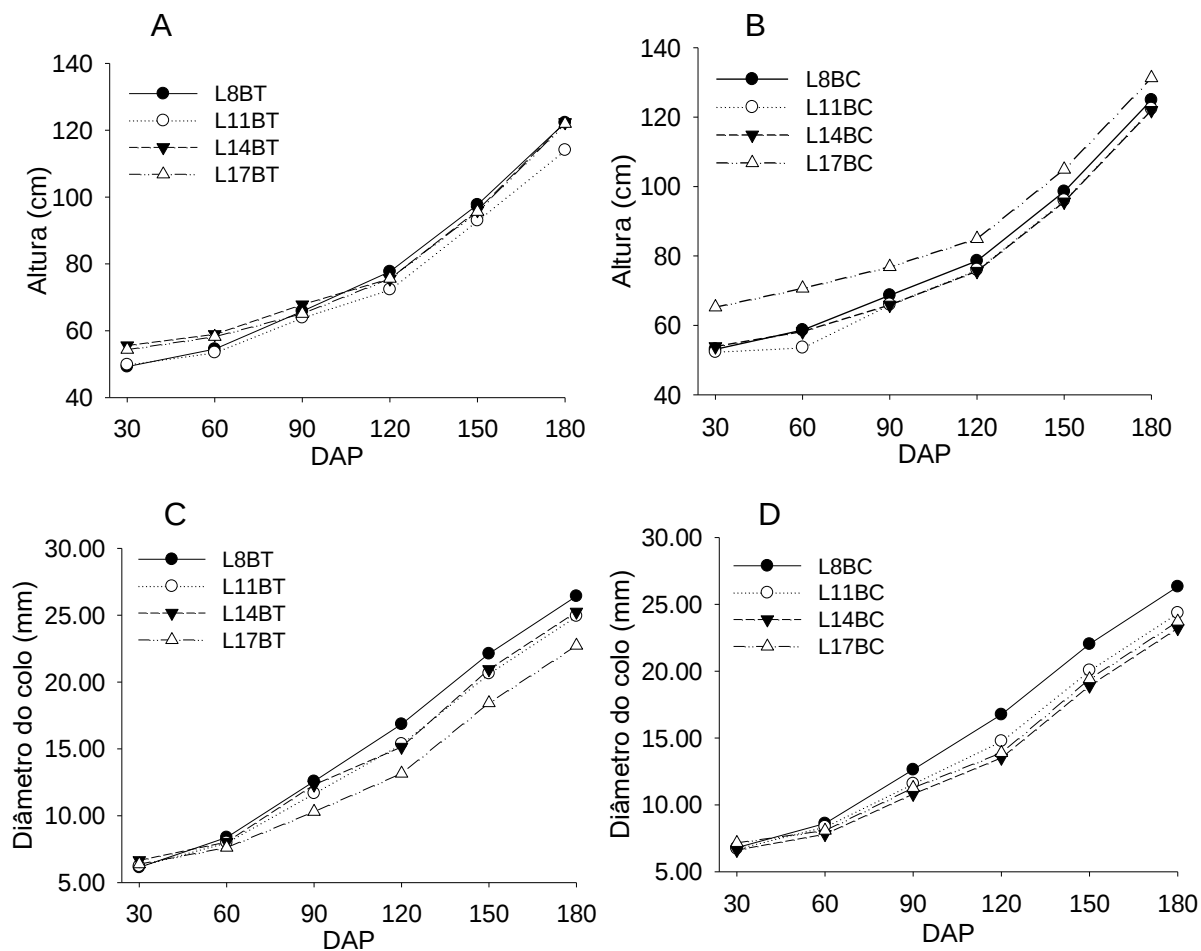
Tabela 27 – Altura e diâmetro do colo de *E. urophylla* após 30 dias do plantio em campo, em função do tipo de bandeja usada na produção das mudas.

Tipo de Bandeja	Altura (cm)	Diâmetro de colo (cm)
	30 DAP	
Bandeja Tradicional	52,26 b	6,35 b
Bandeja Coletora	56,15 a	6,83 a

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Abaixo estão as curvas de crescimento das plantas no campo (Figura 33).

Figura 33 – Crescimento em altura e em diâmetro de colo das mudas de *E. urophylla* dos diferentes tratamentos, ao longo de 6 meses.



Onde: L = lâmina de irrigação (8, 11, 14 e 17mm); BT = mudas da bandeja tradicional e BC = mudas da bandeja coletora

5 CONCLUSÕES

A bandeja coletora é mais eficiente na captação da água para o desenvolvimento de mudas, pois a menor lâmina de irrigação (8mm) foi suficiente para produzir mudas com maior desenvolvimento e qualidade. Enquanto as mudas da bandeja tradicional precisam da maior lâmina de irrigação (17mm) para atingir resultado semelhante.

As bandejas e as lâminas de irrigação influenciaram na sobrevivência no campo, sendo os melhores resultados, 97%, obtidas com as mudas da bandeja coletora produzidas com 8 e 11mm. Os melhores resultados para as mudas da bandeja tradicional foram obtidos com as lâminas de 11 e 17mm (94,5%). Os tratamentos aplicados às mudas durante sua produção no viveiro tiveram efeito sobre seu crescimento no campo somente até os 60 dias após plantio.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004.
- ALMEIDA, S. L.; MAIA, N.; ORTEGA, A. R.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARREOLA, J.; FRANCO, J. A.; VICENTE, M. J.; MATINEZ-SANCHEZ, J. J. Effect of nursery irrigation regimes on vegetative growth and root development of *Silene vulgaris* after transplantation into semi-arid conditions. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 81, n. 4, p. 583-592, 2006.
- BACCI, L.; BATTISTA, P.; RAPI, B. An integrated method for irrigation scheduling of potted plants. **Scientia Horticulturae**, v. 116, n. 1, p. 89-97, 2008.
- BARBOSA, J. R. L.; RIGON, F.; CONTE, A. M.; SATO, O. Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, n. 1, p. 13-25, 2018.
- BAYALA, J.; DIANDA, Z. M.; WILSON, Z. J.; OUÉDRAOGO, S. J.; SANON, Z. K. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. **New Forests**, v. 38, n. 3, p. 309-322, 2009.
- BEESON JR., R. C. Modelling actual evapotranspiration of *Ligustrum japonicum* from rooted cuttings to commercially marketable plants in 12 liter black polyethylene containers. **Acta Horticulturae**, v. 664, p. 71-77, 2004.
- BEESON JR., R. C. Relationship of plant growth and actual evapotranspiration to irrigation frequency based on management allowed deficits for container nursery stock. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 131, n. 1, p. 140-148, 2006.
- BEESON JR., R. C.; BROOKS, J. Evaluation of a model based on reference crop evapotranspiration (ET_o) for precision irrigation using overhead sprinklers during nursery production of *Ligustrum japonica*. **Acta Horticulturae**, v. 792, p. 85-90, 2008.
- BEESON JR., R. C.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H. M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.
- BEESON JR., R. C.; YEAGER, T. H. Plant canopy affects sprinkler irrigation application efficiency of container-grown ornamentals. **HortScience**, v. 38, n. 7, p. 1373-1377, 2003.

- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Nutrição e crescimento de plantações de eucaliptos. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, cap. 4, p. 105-133, 2015.
- BERGERON, O.; LAMHAMED, M. S.; MARGOLIS, H. A.; BERNIER, P. Y.; STOWE, D. C. Irrigation control and physiological responses of nursery-grown black spruce seedlings (1+0) cultivated in air-slit containers. **HortScience**, v. 30, n. 3, p. 599-605, 2004.
- BILDERBACK, T. E. Water management is key in reducing nutrient runoff from container nurseries. **HortTechnology**, v. 12, n. 3, p. 541-544, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008**. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20.
- CALDEIRA, M. V. W.; BLUM, H.; BALBINOT, R.; LOMBARDI, K. C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, p. 191-202, 2008a.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008b.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELO, L. R.; VOGET, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, v. 28, n. 1-2, p. 19-30, 2000.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* de Wild. em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 161-170, 2000.
- CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; BARICHELO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 3, n. 2, p. 11-17, 2005.
- CAMPINHOS JR., E.; IKEMORI, Y. K. Nova técnica na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, v. 8, n. 28, p. 226-234, 1982.
- CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R. **Determinação das propriedades físicas de substrato**. Notas de aulas práticas. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1992. 6p.

CIAVATTA, S. F.; SILVA, M. R.; SIMÕES, D. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 217-222, 2014.

COSTA, A. R. da. Apontamentos de fisiologia vegetal: **As relações hídricas em plantas vasculares**. Universidade de Evora, 2001.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 3, n. 2, p. 229-234, 2007.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A. de.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L. da.; SOUZA, V. C. de. Efeito de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D. C.). **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

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

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

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

DUMROESE, R. K.; PAGE-DUMROESE, D. S.; SALIFU, K. F.; JACOBSON, D. F. Exponential fertilization of *Pinus monticola* seedlings: nutrient uptake efficiency, leaching fractions, and early out planting performance. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, n. 12, p. 2961-2967, 2005.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTANA, R. C. Parâmetros fisiológicos de mudas de copaíba sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1212-1218, 2012.

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J., Ratios of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil. **Renewable Energy**, v. 36, p. 169-178, 2011.

FARE, D. C.; GILLIAM, C. H.; KEEVER, G. J. Cyclic irrigation reduces container leachate nitrate-nitrogen concentration. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1514-1517, 1994.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guarucuia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FERREIRA JR., R. A. **Crescimento, eficiência no uso da radiação e energia de biomassa em cana-de-açúcar irrigada**. 2013. 72 f. Tese (Doutado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

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**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2000. 113 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, 2000.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; COUTINHO, M. P. Desempenho pós-plantio de mudas clonais de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1019-1028, 2008.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. A. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

FULCHER, M.; LEBUDE, A. V.; OWEN JR., J. S. WHITE, S. A.; BEESON, R. C. The next ten years: strategic vision of water resources for nursery producers. **HortTechnology**, v. 26, n. 2, p. 121-132, 2016.

GABIRA, M.M. **Crescimento e qualidade de mudas florestais produzidas com substratos a base de lodo de esgoto compostado**. 2018. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2018.

GARCIA, R. D. A. **Qualidade das mudas clonais de dois híbridos de eucalipto em função do manejo hídrico**. 2012. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2012.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

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

GOMES, J. M.; COUTO, L.; PEREIRA, A. R. Uso de diferentes substratos e suas misturas na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* por meio de semeadura direta em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Arvore**, v. 9, n. 1, p. 8-86, 1985.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, cap. 11, p. 309-350, 2015.

GRANT, O. M.; DAVIES, M. J.; LONGBOTTOM, H.; ATKINSON, C. J. Irrigation scheduling and irrigation systems: optimising irrigation efficiency for container ornamental shrubs. **Irrigation Science**, v. 27, n. 2, p.139-153, 2009.

GRAZIA, J.; TITTONELL, P. A.; CHIESA, A. Growth and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) transplants as affected by substrate properties and irrigation frequency. **Advances in Horticultural Sciences**, v. 18, n. 4, p. 181-187, 2004.

GROSSNICKLE, S. C. The importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 273-294, 2005.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5, p. 711-738, 2012.

GRUBER, Y. B. G. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var) Pir.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HUETT, D. O. Fertiliser use efficiency by containerized nursery plants. 2. Nutrient leaching. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 2, p. 259-265, 1997.

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.

INCROCCI, G.; VITA, A. D.; BALENDONCK, J.; BIBBIANI, C.; SPAGNOL, S.; PARDOSSI, A. Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops. **Agricultural Water Management**, v. 131, p. 30- 40, 2014.

IRMAK, S.; HAMAN, D. Z.; YEAGER, T. H.; LARSEN, C. Seasonal irrigation water use efficiency of multi-pot box system. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 1, p. 4-10, 2001.

JUNTUNEN, M-L.; HAMMAR, T.; RIKALA, R. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, n. 6, p. 1868-1874, 2002.

JUNTUNEN, M-L.; HAMMAR, T.; RIKALA, R. Nitrogen and phosphorus leaching and uptake by container birch seedlings (*Betula pendula* Roth) growth in three different fertilizations. **New Forests**, v. 25, n. 2, p.133-147, 2003.

KIM, J.; IERSEL, M. W.; BURNETT, S. E. Estimating daily water use of two petunia cultivars based on plant and environmental factors. **HortScience**, v. 46, n. 9, p.1287-1293, 2011.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Revista Floresta**, Curitiba v. 43, n. 1, p. 125–136, 2013.

LAMHAMED, M. S.; LAMBANY, G.; MARGOLIS, H.; RENAUD, M.; VEILLEUX, L.; BERNIER, P. Y. Growth, physiology, and leachate losses in *Picea glauca* seedlings (1+0) grown in air-slit container under different irrigation regimes. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 11, p. 1968-1980, 2001.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A Water and Nutrient Management Planning Process for Container Nursery and Greenhouse Production Systems in Maryland. **Journal Environ. Hort.** v. 19, n. 4, p. 230-236, 2001.

LEA-COX, J. D.; BAUERLE, W. L.; IERSEL, M. W.; KANTOR, G. F.; BAUERLE, T. L.; LICHTENBERG, E.; KING, D. M.; CRAWFORD, L. Advancing wireless sensor networks for irrigation management of ornamental crops: an overview. **HortTechnology**, v. 23, n. 6, p. 717-724, 2013.

LENZ, L. C. **Estufa de polietileno: balanço de radiação e parametrização de modelos clássicos de estimativa da radiação atmosférica de ondas longas.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LISBOA, C. A.; SANTOS, S. P.; OLIVEIRA NETO, N. S.; CASTRO, N. D.; ABREU, M. H. A. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2004. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835–843, 2007.

LUIS, V. C.; PUÉRTOLAS, J.; CLIMENT, J.; PETERS, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. M.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M. S. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. **European Journal of Forest Research**, v. 128, n. 3, p.221-229, 2009.

MACEDO, A. C. Produção de mudas em viveiros florestais: espécies nativas. São Paulo: **Fundação Florestal**, 1993.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; AGOSTINI, R. B. **Substratos alternativos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*, obtidos a partir de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura.** Colombo: Embrapa Florestas, Comunicado técnico, 157, 2006. 5 p.

MAJSZTRIK, J. C.; RISTVEY, A. G.; LEA-COX, J. D. Water and nutrient management in the production of container-grown ornamentals. **Horticultural Reviews**, v. 38, 253-297, 2011.

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

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fisiologia Vegetal: **Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral**. 3 ed. Viçosa, Editora UFV. 2009. 486 p.

MARTINS, F.B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu defeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira De Ciencia Do Solo**, v. 32, p. 1297-1306, 2008.

MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.

MILLION, J. B.; YEAGER, T. H.; ALBANO, J. P. Evapotranspiration-based irrigation scheduling for container-grown *Viburnum odoratissimum* (L.) Ker Gawl. **HortScience**, v. 45, n. 11, p. 1741-1746, 2010.

MINER, J.A. **Sustratos**: Propiedades y caracterización. Madrid, Barcelona e México:Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 23–28, 2012.

MOURA, A. R.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. A.; LIMA, T. V. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016.

OLIVEIRA, A. S. de. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1173-1180, 2011.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F.; MARINO, C. L. Breeding perennial species for abiotic stress. In: FRITSCHENETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Berlin: Springer-Verlag, p. 157-172, 2012.

PRIDE, T. **Water quality/quantity best management practices for Florida container nurseries**. Florida: Department of Agriculture and Consumer Service. 2014. 68 p.

PROTÁSIO, T. de P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; ASSIS, M. R.de; TRUGILHO,

P. F. Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 113-127, 2014.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

ROSSI, M. 2017. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p

RUDEK, A.; GARCIA, F.A.O; PERES, F. S.B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3775–3787, 2013.

SABINO, M.; KORPAN, C.; FERNEDA, B. G.; SILVA, A. C. Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 61-65, 2016.

SAMPAIO, T. F. **Adubação potássica e desenvolvimento de clones de eucalipto cultivados em Luís Eduardo Magalhães-BA**. 2014. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014

SANTOS, C. B; LONGHI, S.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipo de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 20, p. 1–15, 2000.

SCAGEL, C. F.; BI, G.; FUCHIGAMI, L. H.; REGAN, R. P. Irrigation frequency alters nutrient uptake in container-grown Rhododendron plants grown with different rates of nitrogen. **HortScience**, v. 47, n. 2, p. 189-197, 2012.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha Flores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 23-32, 2003.

SILVA, C. R. A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, A. S. de; KLIPPEL, V. H.; BARBOSA, R. L. P. Desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 381-390, 2015.

SILVA, M.R., KLAR, E.A., PASSOS, J.R.S. 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, P. H. M. da; CAMPOE, O. C.; VIEIRA, I. G.; PAULA, R. C. Aplicação foliar de boro em eucalipto sob estresse hídrico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n.

106, p. 395 - 405, 2015.

SILVA, R. B. G. da. **Ângulo foliar e lâmina de irrigação afetam a qualidade das mudas florestais**. 2014. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2017.

SILVA, R. B. G. da; SILVA, M. R. da. Nursery water management on initial development and quality of *Piptadenia gonoacantha* seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 91-100, 2015.

SIMÕES, D., SILVA, R.B.G., SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de Hill ex Maiden × S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n.1, p.91-100, 2012.

SOUZA, J. O. Jr.; CARMELLO Q. A. C.; FARIA, J. C. Características químicas do lixiviado na fase de enraizamento de estacas de cacau em substratos adubados com fósforo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1573-1581, 2008.

SPERANDIO, H. V.; CALDEIRA, M. W.; GOMES, D.R; SILVA, A.G; GONÇALVES, E.O. Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 214–221, 2011.

STOWE, D. C.; LAMHAMED, M. S.; CARLES, S.; FECTEAU, B.; MARGOLIS, H. A.; RENAUD, M.; BERNIER, P. Y. Managing irrigation to reduce nutrient leaching in containerized white spruce seedling production. **New Forests**, v. 40, n. 2, p.185-204, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6 ed. Porto Alegre: **Artmed**. 2017.

TATAGIBA, S.D.X.; XAVIER, T.L.M.; TORRES, H.; PEPOZZANE, J.E.M.; CECILIO, R.A.; ZANETTI, S. Z. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 745–754, 2015.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas, SP.: UNICAMP/FEAGRI, p.215, 2017.

UESUGI, G. **Desenvolvimento e viabilidade econômica de mudas de espécies florestais nativas com o uso de fertirrigação em substratos a base de bio sólido compostado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2014.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Resposta fisiológica de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

WARSAW, A. L.; FERNANDEZ, R. T.; CREGG, B. M. Water conservation, growth, and water use efficiency of container-grown woody ornamentals irrigated based on daily water use. **HortScience**, v. 44, n. 5, p. 1308-1318, 2009.

ZANI FILHO, J.; BALLONI, E. A.; STAPE, J. L. **Viveiro de mudas florestais - Análise de um sistema operacional atual e perspectivas futuras**. Piracicaba: IPEF, 1989. (Circular Técnica, 167).

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância da fração de lixiviado (%) de mudas de *E. urophylla* aos 60 e 75 DAE

FV	GL	FL (%)	
		Quadrado médio	
		60 DAE	75 DAE
Lâmina de irrigação	3	872,91**	1029,79**
Resíduo (a)	12	82,55	71,91
Tipo de bandeja	1	48,14ns	358,85ns
Li x Tb	3	902,37**	386,85*
Resíduo (b)	12	116,43	82,09
Média		40,09	38,42
CV _{parcelas} (%)		22,66	22,07
CV _{subparcelas} (%)		26,92	23,58

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE B - Análise de variância das variáveis morfológicas: altura (H), diâmetro do colo (DC), massa seca aérea (MSA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 90 DAE de mudas de *E. urophylla*

FV	GL	Quadrado médio						
		90DAE						
		H	DC	H:DC	MSA	MSR	MST	IQD
Li	3	3,9**	7,06**	0,07ns	0,04ns	0,05**	0,13*	0,00*
Resíduo (a)	12	1,0	0,01	0,06	0,02	0,00	0,03	0,00
Tb	1	80,6**	1,88**	0,31ns	1,00**	0,30**	2,39**	0,03**
Li x Tb	3	10,0**	0,13**	0,01ns	0,13**	0,08**	0,37**	0,00**
Resíduo (b)	12	1,1	0,00	0,07	0,02	0,01	0,03	0,00
Média		30,2	3,74	8,08	1,98	1,17	3,14	3,22
CV _{parcelas} (%)		3,4	2,84	3,15	7,62	5,07	5,67	7,30
CV _{subparcelas} (%)		3,5	2,09	3,36	6,74	6,29	5,53	6,52

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE C - Análise de variância da AF (cm²) de mudas de *E. urophylla* aos 90 DAE

FV	GL	AF (cm ²)
		Quadrado médio
Lâmina de irrigação	3	1962,31**
Resíduo (a)	12	114,01
Tipo de bandeja	1	2301,30*
Li x Tb	3	2427,51**
Resíduo (b)	12	287,57
Média		146,85
CV _{parcelas} (%)		7,27
CV _{subparcelas} (%)		11,54

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE D – Análise de variância da transpiração diária (TD) (mgm⁻²s⁻¹) de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio
Lâmina de irrigação	3	43,23**
Resíduo (a)	12	4,12
Tipo de bandeja	1	24,83*
Li x Tb	3	10,74ns
Resíduo (b)	12	4,17
Média		14,87
CV _{parcelas} (%)		13,66
CV _{subparcelas} (%)		13,74

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE E - Análise de variância do potencial hídrico foliar (Ψ) antes do amanhecer de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio	
		6h	12h
Lâmina de irrigação	3	0,13**	0,18**
Resíduo (a)	12	0,01	0,03
Tipo de bandeja	1	0,00ns	0,01ns
Li x Tb	3	0,05ns	0,18**
Resíduo (b)	12	0,02	0,02
Média		1,30	1,52
CV _{parcelas} (%)		8,97	11,01
CV _{subparcelas} (%)		11,43	9,06

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE F - Análise de variância da intensidade da coloração verde das folhas (ICV) (SPAD) de mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio
Lâmina de irrigação	3	16,17**
Resíduo (a)	12	0,44
Tipo de bandeja	1	11,22**
Li x Tb	3	2,38ns
Resíduo (b)	12	1,03
Média		32,43
CV _{parcelas} (%)		2,05
CV _{subparcelas} (%)		3,13

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE G - Análise de variância das trocas gasosas das mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio					
		Trocas gasosas					
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>A/Ci</i>
Lâmina de irrigação	3	3,05ns	0,01ns	162,24ns	3,01ns	0,92ns	0,00ns
Resíduo (a)	12	2,84	0,00	550,50	1,75	0,36	0,00
Tipo de bandeja	15	6,69ns	0,00ns	37,78ns	0,20ns	0,04ns	0,00ns
Li x Tb	3	0,04ns	0,00ns	238,23ns	0,17ns	0,14ns	0,00ns
Resíduo (b)	12	4,57	0,01	363,81	1,39	0,21	0,00
Média		13,66	0,36	325,40	4,89	2,90	0,04
CV _{parcelas} (%)		12,34	17,54	7,21	26,99	20,81	17,91
CV _{subparcelas} (%)		15,65	22,51	5,86	24,06	15,76	17,23

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F. *A* ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - taxa de assimilação de CO_2 ; *gs* ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - condutância estomática; *Ci* ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) - concentração interna de CO_2 na folha; *E* ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) - taxa de transpiração; *EUA* ($\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) - eficiência do uso da água e *A/Ci* - eficiência de carboxilação.

APÊNDICE H - Análise de variância do teor de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio										
		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lâmina de irrigação	3	4,03ns	0,01ns	0,95ns	1,27**	0,12ns	0,01ns	39,93ns	2,71**	504,11*	4312,61*	9,82**
Resíduo (a)	8	3,47	0,01	0,53	0,25	0,05	0,00	15,17	0,29	90,08	896,71	1,25
Tipo de bandeja	1	5,29ns	0,02ns	1,13ns	0,02ns	0,01ns	0,00ns	0,02ns	45,38**	400,17ns	12330,67**	2,04ns
Li x Tb	3	6,65ns	0,01ns	1,36ns	0,62**	0,05ns	0,01ns	27,06**	2,82*	86,72ns	358,44ns	3,12ns
Resíduo (b)	8	5,93	0,01	0,54	0,06	0,02	0,00	2,67	0,46	76,33	372,88	1,75
Média		9,20	1,49	10,32	6,95	2,68	0,81	24,96	1,79	46,50	281,25	27,95
CV _{parcelas} (%)		20,24	6,83	7,04	7,18	8,59	7,00	15,61	30,14	20,41	10,65	4,00
CV _{subparcelas} (%)		26,48	7,46	7,14	3,63	5,55	5,76	6,55	3779	18,79	6,87	4,73

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F. N – nitrogênio; P – Fosforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – Magnésio; S – enxofre; B – Boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco.

APÊNDICE I - Análise de variância do teor de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) na parte radicular das mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio										
		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lâmina de irrigação	3	0,95ns	0,05ns	0,18ns	3,18*	0,66ns	0,02ns	21,98ns	1,50ns	306199,44**	1000,26**	82,15*
Resíduo (a)	8	0,30	0,03	0,22	0,71	0,22	0,01	6,65	0,38	28318,38	64,83	13,88
Tipo de bandeja	1	0,00ns	0,12ns	0,09ns	0,00ns	0,57*	0,01ns	33,51ns	6,00*	6337,50ns	975,38**	40,04ns
Li x Tb	3	0,31ns	0,04ns	0,10ns	7,33**	0,36*	0,01ns	3,75ns	2,44ns	41393,17ns	74,82ns	130,15ns
Resíduo (b)	8	0,65	0,03	0,12	0,92	0,07	0,01	8,71	0,71	42951,63	35,33	42,13
Média		6,31	0,88	5,45	4,72	2,82	0,94	35,97	5,75	1978,83	87,54	41,04
CV _{parcelas} (%)		8,70	18,04	8,55	17,85	16,47	7,88	7,17	10,65	8,52	9,20	9,08
CV _{subparcelas} (%)		12,74	19,36	6,32	20,32	9,55	8,40	8,20	14,64	10,49	6,79	15,81

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F. N – nitrogênio; P – Fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – Magnésio; S – enxofre; B – Boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco.

APÊNDICE J - Análise de variância do acúmulo de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio										
		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lâmina de irrigação	3	13,81ns	0,08ns	3,57ns	2,55ns	0,18ns	0,03ns	128,71ns	10,02*	1847,54ns	15951,69*	13,16ns
Resíduo (a)	8	7,12	0,03	2,90	1,36	0,25	0,01	74,04	1,37	455,84	3825,75	8,86
Tipo de bandeja	1	5,22ns	1,67**	89,71**	25,69**	2,86**	0,22**	266,67**	146,42**	22,64ns	322,59ns	274,32**
Li x Tb	3	12,79ns	0,14ns	2,12ns	6,78**	0,96ns	0,02ns	258,31**	10,94*	17,57ns	10830,78*	38,01ns
Resíduo (b)	8	17,55	0,09	2,70	0,57	0,17	0,01	11,41	1,84	339,08	1975,78	9,36
Média		17,96	2,94	20,33	13,70	5,28	1,59	49,36	3,35	90,85	551,21	54,97
CV _{parcelas} (%)		14,86	6,36	8,38	8,52	9,57	7,06	17,43	34,95	23,50	11,22	5,41
CV _{subparcelas} (%)		23,33	10,15	8,09	5,50	7,83	7,17	6,84	40,55	20,27	8,06	5,57

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F. N – nitrogênio; P – Fosforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – Magnésio; S – enxofre; B – Boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco.

APÊNDICE K - Análise de Análise de variância do acúmulo de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) na parte aérea das mudas de *E. urophylla* aos 90DAE

FV	GL	Quadrado médio										
		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lâmina de irrigação	3	3,84**	0,10*	1,52*	8,67*	1,41*	0,09**	61,18*	3,49ns	851417,22**	679,86*	132,87*
Resíduo (a)	8	0,41	0,02	0,33	1,24	0,21	0,01	10,10	0,93	37907,32	99,47	26,81
Tipo de bandeja	1	13,44**	0,01ns	12,40**	7,74ns	0,48ns	0,47**	715,15**	38,91**	1089524,92**	207,80ns	982,91**
Li x Tb	3	1,30ns	0,02ns	1,15*	6,32ns	0,19ns	0,05*	70,57*	2,34ns	134591,73ns	465,30**	138,02ns
Resíduo (b)	8	0,74	0,04	0,19	1,87	0,12	0,01	14,74	1,02	60680,74	51,51	59,67
Média		7,47	1,03	6,45	5,56	3,32	1,12	42,73	6,85	2340,93	102,27	48,52
CV _{parcelas} (%)		859	12,28	8,97	20,10	13,75	7,00	7,44	14,11	8,32	9,75	10,67
CV _{subparcelas} (%)		11,56	19,48	6,84	24,61	10,53	9,18	9,00	14,76	10,52	7,02	15,92

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F. N – nitrogênio; P – Fosforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – Magnésio; S – enxofre; B – Boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco.

APÊNDICE L - Análise de variância da sobrevivência (%) das mudas de *E. urophylla* aos 30 y 60 DAP

FV	GL	Quadrado médio	
		Sobrevivência	
		30 DAP	60 DAP
Lâmina de irrigação	3	117,28ns	117,28ns
Resíduo (a)	12	94,61	94,61
Tipo de bandeja	15	13,78ns	13,78ns
Li x Tb	3	278,95*	278,95*
Resíduo (b)	12	52,49	52,49
Média		90,59	90,59
CV _{parcelas} (%)		10,74	10,74
CV _{subparcelas} (%)		8,00	8,00

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE M - Análise de variância do estresse (%) de mudas de *E. urophylla* aos 15 e 30DAP

FV	GL	Quadrado médio	
		Plantas com sintoma	
		15 DAP	30 DAP
Lâmina de irrigação	3	1585,46*	111,03ns
Resíduo (a)	12	291,96	92,99
Tipo de bandeja	15	60,50ns	7,03ns
Li x Tb	3	748,33ns	271,70**
Resíduo (b)	12	225,54	42,36
Média		20,56	9,21
CV _{parcelas} (%)		83,10	104,60
CV _{subparcelas} (%)		73,04	70,60

** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE N - Análise de variância na H (cm) e DC (mm) de mudas de *E. urophylla* aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAP

FV	GL	Quadrado médio											
		30 DAP		60 DAP		90 DAP		120 DAP		150 DAP		180 DAP	
		H	DC	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC
Lâmina de irrigação	3	133,94**	0,16ns	168,51**	0,67ns	51,21ns	4,45ns	57,99ns	15,65ns	51,74ns	13,84ns	96,95ns	13,84ns
Resíduo (a)	12	16,41	0,32	16,64	0,37	30,72	4,30	80,08	14,61	80,37	14,47	92,36	14,47
Tipo de bandeja	1	121,29*	1,79*	128,00ns	0,35ns	109,52ns	0,15ns	96,61ns	1,27ns	82,21ns	1,50ns	197,41ns	1,50ns
Li x Tb	3	54,65ns	0,36ns	72,34ns	0,19ns	66,59ns	2,09ns	35,57ns	1,96ns	37,46ns	3,17ns	43,07ns	3,17ns
Resíduo (b)	12	24,59	0,29	32,96	0,47	46,53	2,74	69,62	5,29	62,98	5,11	112,33	5,11
Média		54,20	6,59	58,30	8,11	67,52	11,65	77,05	14,93	97,18	20,32	122,64	24,62
CV _{parcelas} (%)		7,48	8,58	7,00	7,50	8,21	17,79	11,61	25,60	9,23	18,72	7,84	15,45
CV _{subparcelas} (%)		9,15	8,14	9,85	8,43	10,10	14,21	10,83	15,40	8,17	11,12	8,64	9,18

* e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo, pelo teste F.

APÊNDICE O - Temperatura (°C) máxima, média e mínima (A); UR (%) máxima, média e mínima (B) e precipitação total (mm) (C) no campo após o plantio de mudas de *E. urophylla*

