

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.)
Brenan E *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. EM DIFERENTES
SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ADRIANA FALCÃO DUTRA

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.)
Brenan E *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. EM DIFERENTES
SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Adriana Falcão Dutra

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

Orientadora: Prof. Dra. Maristela Machado Araujo

**Santa Maria, RS, Brasil.
2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dutra, Adriana Falcão

Produção de mudas de Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan e Luehea divaricata Mart. et Zucc. em diferentes substratos e lâminas de irrigação / Adriana Falcão Dutra.- 2012.

115 f.; 30cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo Araujo

Coorientadores: Lia Rejane Silveira Reiniger, Solon Jonas Longhi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2012

1. Mudas florestais 2. Espécie nativa 3. Irrigação em viveiros 4. Açoita-cavalo 5. Angico-vermelho I. Araujo, Maristela Machado Araujo II. Reiniger, Lia Rejane Silveira III. Longhi, Solon Jonas IV. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan E
Luehea divaricata Mart. et Zucc. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

elaborada por
Adriana Falcão Dutra

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Maristela Machado Araujo, Dra.
(Presidente/Orientadora)

Sandra Beatriz Vicenci Fernandes, Dra. (UNIJUI)

Luciane Almeri Tabaldi, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 23 de julho de 2012.

*Na ciência não há calçadas reais, e quem aspire alcançar
seus luminosos cumes, tem que estar disposto a escalar a
montanha por caminhos acidentados.*

Karl Marx

Prólogo (1872) à edição francesa de O Capital

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a vida e ter sempre me conduzido pelo caminho dos justos, me iluminando e me dando discernimento para minhas tomadas de decisão;

À professora Maristela Machado Araujo, pela sua disponibilidade irrestrita para orientar esse trabalho, sua forma exigente, crítica e criativa de expor suas opiniões apresentadas e que nortearam o presente trabalho;

Aos meus pais, Paulo e Vera, as pessoas mais importantes da minha existência, responsáveis por tudo que sou e almejo que sempre estiveram ao meu lado, nas alegrias e decepções, apoiando, incentivando, torcendo pelo meu sucesso e me acolhendo em todos os momentos em que foram requisitados;

À minha irmã, melhor amiga e conselheira, Edna, por sempre estar presente nos momentos em precisei de auxílio e compreensão;

À minha grande amiga Daniele Rorato, pela amizade e pelo companheirismo de todas as horas, por me acolher como se fosse sua irmã e, acima de tudo, por vivenciar e dividir comigo todas as etapas desse trabalho.

Aos colegas do Viveiro Florestal, Gervásio, Suelen, Fernando, Patrícia, Carla, Ezequiel, Thaíse, Élio, vocês foram fundamentais para a realização dessa etapa;

À Universidade Federal de Santa Maria e à Pós-Graduação em Engenharia Florestal pelo aprendizado transmitido ao longo dessa caminhada;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo conhecimento e experiência adquirida ao longo de um semestre, especialmente aos professores Marco Antonio Passos e Luis Carlos Marangon, pelos conselhos e aprendizado repassados;

Aos meus amigos de Recife, Thales Lopes, Vinícius Souza e Anita Pereira, não tenho palavras para descrever o quanto a presença e o apoio de vocês foram importantes para a realização desse sonho, amigos inesquecíveis e momentos que guardarei para sempre;

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido no período de desenvolvimento desse trabalho;

E à todos aqueles colaboraram para a realização desse trabalho e me fizeram crescer e aprender ao longo dessa caminhada.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan E *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

AUTORA: ADRIANA FALCÃO DUTRA
ORIENTADORA: MARISTELA MACHADO ARAUJO
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de julho de 2012.

Parapiptadenia rigida (angico-vermelho) e *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) são espécies nativas que apresentam ampla distribuição pelo território brasileiro, indicadas para recomposição de áreas que estão sendo recuperadas e áreas de preservação permanente. Essas espécies foram excessivamente exploradas, e apesar disso, ainda carecem de estudos relacionados a sua conservação e perpetuação. O presente estudo teve como objetivos avaliar os efeitos das lâminas de irrigação na sobrevivência e crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata* em diferentes formulações de substrato em viveiro. O trabalho foi desenvolvido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os frutos de *Parapiptadenia rigida* foram coletados em setembro de 2009, na região de Santa Maria (RS), de 28 árvores, e os frutos maduros de *Luehea divaricata* foram coletados em julho de 2010, no Morro do Cerrito, Santa Maria, em oito árvores matrizes. Após o beneficiamento, as sementes foram armazenadas para posterior semeio. A semeadura de açoita-cavalo e angico-vermelho foi realizada nos dias 22 de novembro e 10 de dezembro de 2010, respectivamente. Para ambas as espécies foram utilizadas delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, constituído de esquema fatorial, considerando 6 lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹) e 4 formulações de substratos (100T: 100% turfa; 80T: 80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada; 60T: 60% turfa e 40% casca de arroz carbonizada; 40T: 40% turfa e 60% casca de arroz carbonizada), cujas variáveis altura, diâmetro do coleto, e relação h/d foram avaliadas no tempo, constituindo um trifatorial, e a variável sobrevivência, produção de massa seca, área foliar e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foram avaliados somente na última medição (bifatorial). Os resultados obtidos permitem inferir que, aos 184 dias após a semeadura, a sobrevivência de *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata* foram, respectivamente, 100% e acima de 93%. Além disso, para o angico-vermelho, a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ juntamente com o substrato composto por 80% Turfa e 20% casca de arroz carbonizada proporcionaram o melhor desenvolvimento das mudas. Para a açoita-cavalo, a lâmina de 16 mm.dia⁻¹ em combinação com o substrato composto por 100% turfa, proporcionaram o melhor desenvolvimento das mudas. Assim, recomendam-se as lâminas diárias de 4 mm.dia⁻¹ e 16 mm.dia⁻¹ e os substratos 80T e 100T, para *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*, respectivamente, como sendo ideais para o crescimento de ambas as espécies em viveiro.

Palavras-chave: Angico-vermelho; Açoita-cavalo; Mudas florestais; Espécie nativa.

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

PRODUCTION OF *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan AND *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. SEEDLINGS IN DIFFERENT SUBSTRATES AND BLADES IRRIGATION

AUTHOR: ADRIANA FALCÃO DUTRA

ADVISER: MARISTELA MACHADO ARAUJO

Place and Date of Presentation: Santa Maria, 23th of July, 2012.

Parapiptadenia rigida (mimosa-red) and *Luehea divaricata* (horse-whips) are native species that are widely distributed throughout Brazil, indicated for restoration of areas that are being recovered and permanent preservation areas. These species have been over-exploited, and yet, still lack of studies related to its conservation and perpetuation. The present study aimed to evaluate the effects of irrigation on the survival and growth of *Parapiptadenia rigida* and *Luehea divaricata* seedlings on different substrate types in the nursery. The study was conducted at Forest Nursery, Department of Forest Sciences, Federal University of Santa Maria (UFSM). The fruits of *Parapiptadenia rigida* were collected in September 2009 in the region of Santa Maria (RS) of 28 trees, and the fruits mature of *Luehea divaricata* were collected in July 2010 at the Morro Cerrito, Santa Maria, in eight trees matrices. After processing, seeds were stored for later sowing. The sowing of horse-whips and mimosa-red were held on November 22 and December 10, 2010, respectively. For both species, we used a randomized block design with four replications, consisting of factorial scheme, considering six irrigation levels (4, 8, 12, 16, 20 and 24 mm.day⁻¹) and 4 formulations substrates (100T: 100% peat 80T: 80% peat and 20% rice hulls; 60T: 60% peat and 40% rice hulls; 40T: 40% peat and 60% rice hulls), whose variables height, diameter, and ratio H/DC were evaluated in time to produce a factorial, and variable survival, dry matter production, leaf area and Dickson Quality Index (IQD), were evaluated only at the last measurement (two-factor). The results allow us to conclude that the 184 days after sowing, the survival of *Parapiptadenia rigida* and *Luehea divaricata* were, respectively, 100% and above 93%. Moreover, for the mimosa-red, the blade of 4 mm.day⁻¹ together with the substrate composed of 80% peat and 20% rice hulls gave the best seedling development. For the horse-whips, the blade of 16 mm.day⁻¹ in combination with the substrate composed of 100% peat, provided the best seedling development. Thus, it is recommended daily blades of 4 mm.day⁻¹ and 16 mm.day⁻¹ and substrates 80T and 100T, and to *Parapiptadenia rigida* *Luehea divaricata*, respectively, as being ideal for the growth of both species in nurseries .

Keywords: Mimosa-red; Horse-whips; Forest seedlings; Native species.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Lâminas de irrigação, frequência diária, quantidade (mm) e horários de irrigação, Viveiro Florestal, DCFL, UFSM..... 37
- Tabela 2 – Valores médios das propriedades físicas (densidade úmida (DU), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD)) e químicas (condutividade elétrica (CE) e pH) dos substratos estudados, Viveiro Florestal, DCFL, UFSM. 40
- Tabela 3 – Sobrevivência de mudas (%) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes doses de substrato e lâminas de irrigação (mm.dia-1), Viveiro Florestal, DCFL, UFSM. 66
- Tabela 4 – Comparação das características morfológicas (altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto(H/DC)), acúmulo de massa seca (massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST)), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura. Santa Maria, UFSM 85

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquematização da disposição dos coletores em torno de um aspersor instalado no centro da área de abrangência do aspersor..... 33
- Figura 2 - A) Teste de Uniformidade em funcionamento, coletores dispostos a cada 50 cm, instalados em dois aspersores; B) Coletores alocados em barras de ferro, dispostos 50 cm da superfície do solo; C) Coletor de precipitação de água 35
- Figura 3 - Altura das mudas (cm) de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 47
- Figura 4 – Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 49
- Figura 5 – Relação H/DC de mudas de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 51
- Figura 6 – Massa seca aérea (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 52
- Figura 7 – Massa seca radicular (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 53

Figura 8 – Massa seca total (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 54

Figura 9 – Índice de Qualidade de Dickson de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 55

Figura 10 – Área foliar das mudas (cm²) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 56

Figura 11 – Altura das mudas (cm) de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 69

Figura 12 – Diâmetro do coleto (mm) de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 72

Figura 13 – Relação H/DC de mudas de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 74

Figura 14 – Massa seca aérea (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 75

Figura 15 – Massa seca radicular (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R²) 76

Figura 16 – Massa seca total (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R²) 77

Figura 17 – Índice de Qualidade de Dickson de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e com coeficientes de determinação (R²) 78

Figura 18 – Área foliar das mudas (cm²) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²), e ponto de máxima eficiência técnica (PMET) 79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Dados meteorológicos de precipitação (mm), na cidade de Santa Maria, durante o ano de 2011 (INMET, 2011).....	97
Anexo 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC de mudas <i>Parapiptadenia rigida</i> . Santa Maria, UFSM	98
Anexo 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e Área foliar (AF) de mudas <i>Parapiptadenia rigida</i> . Santa Maria, UFSM	98
Anexo 4 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	99
Anexo 5 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM	99
Anexo 6 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	99
Anexo 7 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	100
Anexo 8 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.....	100
Anexo 9 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	100
Anexo 10 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	101

Anexo 11 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.....	101
Anexo 12 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.....	101
Anexo 13 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes lâminas de irrigação	102
Anexo 14 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes proporções de substratos	102
Anexo 15 – Valores médios de área foliar de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.	102
Anexo 16 – Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.	103
Anexo 17 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC de mudas <i>Luehea divaricata</i> . Santa Maria, UFSM	104
Anexo 18 – Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e Área foliar (AF) de mudas <i>Luehea divaricata</i> . Santa Maria, UFSM	104
Anexo 19 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	105
Anexo 20 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM	105

Anexo 21 – Valores médios de altura (cm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.....	106
Anexo 22 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.....	106
Anexo 23 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.....	106
Anexo 24 – Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	107
Anexo 25 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM	107
Anexo 26 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.....	107
Anexo 27 – Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.....	108
Anexo 28 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes lâminas de irrigação	108
Anexo 29 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes proporções de substratos.....	108
Anexo 30 – Valores médios de área foliar de mudas de <i>Luehea divaricata</i> , aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.....	109
Anexo 31 – Valores médios de Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), massa	

seca radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM 109

Anexo 32 – Altura das mudas (cm) de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC) 111

Anexo 33 – Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC) 112

Anexo 34 – Relação H/DC de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R²) 113

Anexo 35 – Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC) 114

Anexo 36 – Relação H/DC de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC) 115

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O ESTUDO	19
1.1	Introdução	19
1.1.1	Justificativa	21
1.2	Objetivos Geral e Específicos	21
1.3	Revisão bibliográfica	22
1.3.1	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Bentham) Brenan	22
1.3.2	<i>Luehea divaricata</i> Mart. et Zucc	23
1.3.3	Produção de mudas	25
1.3.4	Substratos	25
1.3.5	Irrigação	27
1.3.6	Relação Água x Planta	29
1.4	Material e métodos	30
1.4.1	Caracterização geral da área de estudo	30
1.4.2	Coleta dos frutos, beneficiamento e armazenamento das sementes	31
1.4.3	Teste de uniformidade da irrigação	32
1.4.4	Instalação do experimento	35
1.4.5	Tratamentos Avaliados e Delineamento Experimental	36
1.4.6	Parâmetros avaliados	37
1.4.7	Análises físicas e químicas dos substratos	38
2	CAPÍTULO I – EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Parapiptadenia rigida</i> (Bentham) Brenan SUBMETIDAS A DIFERENTES SUBSTRATOS	41
2.1	Resumo	41
2.2	Introdução	42
2.3	Material e métodos	44
2.4	Resultados	45
2.4.1	Sobrevivência das mudas	45
2.4.2	Características morfológicas	45
2.4.2.1	Crescimento em altura	45
2.4.2.2	Crescimento em diâmetro do coleto	48

2.4.2.3	Relação Altura/Diâmetro do coleto.....	50
2.4.3	Acúmulo de Massa Seca.....	52
2.4.4	Índice de Qualidade de Dickson.....	54
2.4.5	Área foliar.....	55
2.5	Discussão.....	57
2.6	Conclusão.....	61
3	CAPÍTULO II – CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MUDAS DE <i>Luehea</i> <i>divaricata</i> Martius SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS.....	62
3.1	Resumo.....	62
3.2	Introdução.....	63
3.3	Material e métodos.....	65
3.4	Resultados.....	66
3.4.1	Sobrevivência das mudas.....	66
3.4.2	Características morfológicas.....	67
3.4.2.1	Crescimento em altura.....	67
3.4.2.2	Crescimento em diâmetro do coleto.....	70
3.4.2.3	Relação Altura/Diâmetro do coleto.....	73
3.4.3	Acúmulo de Massa Seca.....	75
3.4.4	Índice de Qualidade de Dickson.....	77
3.4.5	Área foliar.....	78
3.5	Discussão.....	80
3.6	Conclusão.....	84
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
	ANEXOS.....	97

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O ESTUDO

1.1 Introdução

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2011), cerca de 49% da área total da América Latina e Caribe era coberta por floresta, representando cerca de 22% da área de florestas do mundo. O Brasil, atualmente, é um dos cinco países mais ricos em florestas no mundo, com 13% da área florestal global, sendo o país com a maior extensão de floresta tropical. Ainda, de acordo com a FAO, o Brasil perdeu em média 2,6 milhões de hectares de florestas por ano nos últimos 10 anos, comparado com uma perda anual de 2,9 milhões de hectares anuais na década de 90. Aliado a isso, medidas de conservação tem sido tomadas para controlar e/ou minimizar esses elevados índices de desmatamento.

Nesse contexto, foi criado pelo Governo Federal no ano de 2006, o Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais – PENSAF, que faz parte das prioridades do Programa Nacional de Florestas como opção para expansão da base de florestas plantadas e recuperação de áreas degradadas, tendo como objetivo estabelecer as condições básicas para o desenvolvimento da silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais que proporcione diretamente rendimentos financeiros para produtores rurais e resulte em amplos benefícios econômicos, sociais e ambientais para o Brasil (PENSAF, 2006).

No entanto, para o estabelecimento dessas condições básicas, são necessários maiores estudos relacionados a produção de florestas nativas, e ainda, produção de mudas florestais, sendo extremamente necessárias pesquisas referentes a melhorias em viveiros, principalmente relacionadas a qualidade da água e insumos utilizados, dimensionamento, estrutura do local e qualificação da mão-de-obra, a fim de proporcionar mudas de qualidade que atendam às condições adversas quando plantadas à campo.

De acordo com Marcondes (2010), o Brasil mantém uma posição privilegiada no cenário mundial, detendo cerca de 12% da água doce superficial do planeta, enquanto regiões da Europa, como Portugal e Espanha, além de Oriente Médio e grande parte da África, lutam contra a escassez crônica desse recurso natural. Entretanto, a distribuição pelo território brasileiro é desigual, onde os rios da Amazônia desaguam no mar 78% da água superficial do Brasil. Devido a isso, atitudes devem ser tomadas para minimizar o mau uso dos recursos hídricos.

Com base no exposto, a quantificação da necessidade hídrica na formação de mudas é um aspecto extremamente importante, considerando todas as questões socioambientais relacionadas à economia da água, onde a falta ou excesso de água pode limitar seu desenvolvimento. Segundo Paiva & Gonçalves (2001), a falta de água proporciona o estresse hídrico, além da redução na absorção de nutrientes, e o excesso pode acarretar em lixiviação desses nutrientes e ainda, criar um micro-clima favorável ao desenvolvimento de doenças e deterioração de raízes.

Atualmente, muitos viveiristas tem adotado o sistema de irrigação por microaspersão, onde a água é aplicada próxima à região foliar e radicular da planta, sendo considerado um método de irrigação localizada (CONCEIÇÃO, 2004), comparado com outros aspersores, esse tende a minimizar o desperdício de água disponibilizada para a planta.

Diversos fatores também podem minimizar a quantidade de água oferecida para a planta, como o substrato utilizado, cuja principal função é sustentar a planta, além de fornecer água, oxigênio e nutrientes (WENDLING et al.; 2002). Esses autores relatam que para a escolha adequada do substrato destinado à produção de mudas, devem-se levar em consideração os fatores econômicos, relacionados aos custos, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio; fatores químicos, relacionados principalmente ao pH e ao nível de fertilidade do material; e fatores físicos, se referindo às características desejáveis do próprio material, como textura e densidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato.

Diante disso, são necessários estudos relacionados com a quantificação da necessidade hídrica e substratos que podem ser utilizados para o desenvolvimento de espécies nativas em viveiro. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar

em seis diferentes lâminas de irrigação em combinação com quatro formulações de substrato o que proporciona o melhor desenvolvimento de mudas de *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata* em viveiro.

1.1.1 Justificativa

A cobertura florestal atual sofre constante pressão e degradação em seu ecossistema natural a partir da ação antrópica. Com isso, torna-se imprescindível o conhecimento do desenvolvimento de mudas de espécies florestais, como o açoita-cavalo e o angico-vermelho, com relação ao substrato adequado e à exigência hídrica. Tais informações fornecem subsídios para a produção de mudas de qualidade superior, visando o uso em reflorestamento.

1.2 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral desta pesquisa consiste em avaliar os efeitos das lâminas de irrigação na sobrevivência e crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata* em diferentes formulações de substrato.

Como objetivos específicos, têm-se:

- Avaliar a sobrevivência das espécies quando submetidas a diferentes lâminas de irrigação;
- Caracterizar o crescimento em diâmetro, altura, relação altura/diâmetro, produção de matéria seca e área foliar das espécies *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*;
- Identificar o substrato e a lamina d'água adequada para *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*, nas diferentes fases de produção.

1.3 Revisão bibliográfica

1.3.1 *Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan

A *Parapiptadenia rigida*, conhecida popularmente por angico-vermelho, angico-verdadeiro, gurucaia, angelim, entre outros, pertence à família Mimosaceae, e ocorre naturalmente nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002).

O angico-vermelho apresenta-se como árvore caducifólia de grande porte, podendo atingir 35 metros de altura, e 40 a 70 cm de diâmetro a altura do peito (DAP). O tronco é cilíndrico, geralmente inclinado, com base reforçada por apresentar raízes tabulares (CARVALHO, 2003).

As folhas são alternadas, compostas, bipinadas com 3 a 6 pares de pinas, folíolos sésseis, numerosos, ligeiramente falcados, nervura principal bastante próxima do bordo superior e pulvinos em forma oval. As flores são pequenas, branco-amareladas, com os filetes dos estames exsertos (REITZ; KLEIN; REIS, 1983).

O fruto do angico-vermelho é do tipo vagem, achatada de aproximadamente 5 a 7 cm de comprimento por 4 cm de largura, de cor parda (BACKES; IRGANG, 2002).

A espécie é semi-heliófila, tolerante a baixas temperaturas (ORTEGA, 1995). Carvalho (2003) descreve que o angico-vermelho tolera baixas temperaturas, sendo que árvores adultas nas florestas suportam até -11°C. Com relação ao grupo sucessional, trata-se de uma espécie pioneira (KLEIN, 1965; SIQUEIRA; FIGLIOLIA, 1998); secundária inicial (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; VACCARO; LONGHI; BRENA; 1999) a precursora-tardia (LONGHI, 1995).

O angico-vermelho é uma espécie bastante agressiva, ideal para áreas que estão sendo recuperadas e áreas de preservação permanente, além de apresentar intensa regeneração natural em clareiras na floresta e em povoamentos implantados, onde ocorre naturalmente em diferentes tipos de solo, entretanto o

plântio em solos excessivamente úmidos e de baixa fertilidade química deve ser evitado (KLEIN, 1965).

A madeira do angico-vermelho apresenta alta durabilidade natural e resistência mecânica e retratibilidade médias, sendo indicada para construção rural e civil, como vigas, caibros, ripas, marcos de portas, janelas, tacos e tábuas para assoalhos e caixilharia (CARVALHO, 2003). Além disso, a casca apresenta propriedades medicinais, sendo utilizada popularmente como cicatrizante e contra problemas intestinais (BACKES; IRGANG, 2002). Também possui fins paisagísticos (LORENZI, 2002).

1.3.2 *Luehea divaricata* Mart. et Zucc.

A *Luehea divaricata* é uma espécie nativa do Rio Grande do Sul, conhecida por açoita-cavalo, ibitinga, salta-cavalo, entre outros nomes populares, pertencendo à família Malvaceae (SOBRAL et al., 2006). Naturalmente encontrada na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, e, eventualmente, no Cerrado (CARVALHO, 2003).

A açoita-cavalo apresenta-se como árvore caducifólia de grande porte, podendo atingir 30 metros de altura na idade adulta (BACKES; IRGANG, 2002), e diâmetro a altura do peito (DAP) de 50 a 80 cm (REITZ; KLEIN; REIS; 1983). Segundo Backes e Irgang (2002), a espécie apresenta o caule geralmente tortuoso e nodoso de base alargada e fuste comumente curto de 4 a 6 m de comprimento, contudo, no interior da floresta densa, formam-se caules quase reto e bastante alto.

Morfologicamente, a espécie apresenta folhas simples, alternas, dísticas, com estípulas, irregularmente serradas, com três nervuras longitudinais típicas, discolores, ásperas na face ventral e tomentosas na face dorsal, com lâmina foliar medindo de 4,5 a 15 cm de comprimento e 2 a 6,5 cm de largura; pecíolo ferruginoso, com até 1 cm de comprimento (CARVALHO, 2003). As flores são hermafroditas, de cor amarela, branca ou lilás; fruto do tipo cápsula; a germinação

tem início entre 8 e 74 dias após a semeadura; e as mudas atingem porte adequado para o plantio cerca de 6 meses após a semeadura (BACKES; IRGANG, 2002).

O crescimento da açoita-cavalo varia em função do sítio ecológico e tratos culturais (CARVALHO, 2003), presente em solos profundos e pedregosos, onde se desenvolve com facilidade em capoeiras (PEDROSO; MATOS, 1987).

A espécie é heliófila, tolerando sombreamento na fase juvenil (ORTEGA, 1995), sendo encontrada nas matas latifoliadas, não demasiadamente fechadas, mata de pinheirais, matas de galeria e matas das depressões úmidas da Serra do Sudeste do país. Além disso, tolera baixas temperaturas, distribuindo-se, principalmente, em regiões de clima temperado (Cfa) (PEDROSO; MATOS, 1987).

De acordo com Lorenzi (1998), trata-se de uma planta decídua, higrófito, característica das florestas aluviais, apresentando dispersão irregular e descontínua, sendo particularmente frequente ao longo de rios, terrenos rochosos e íngremes. Carvalho (2008) recomenda essa espécie para plantios em áreas de preservação permanente, em encostas íngremes, margens de rios e em áreas com o solo permanentemente encharcado, suportando inundações periódicas de rápida duração e encharcamento moderado.

Com relação ao grupo sucessional, foi identificada como uma espécie secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA; 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; VILELA et al., 1993; FERRETI et al., 1995).

Com relação aos aspectos climáticos, Carvalho (1994) descreve que a açoita-cavalo ocorre em áreas de precipitação média anual variando de 950 a 2.000 mm, com temperatura média anual de 13 a 22°C, podendo ocorrer em terrenos com drenagem regular e textura arenosa e argilosa.

A *Luehea divaricata* possui grande importância ecológica, pois apresenta flores melíferas visitadas por insetos, além de ser indicada para controle de voçorocas, recomposição de mata ciliar, reflorestamentos mistos em áreas degradadas e de preservação permanente (LORENZI, 2002).

A espécie apresenta propriedades medicinais (TANAKA et al., 2005). A madeira, de cor clara, é moderadamente pesada, com trabalhabilidade e de acabamento delicado, indicada para a confecção de móveis, principalmente em

peças torneadas. Contudo, apresenta baixa durabilidade natural e permeabilidade ao tratamento preservativo (REITZ; KLEIN; REIS; 1983).

1.3.3 Produção de mudas

A necessidade cada vez maior de produzir mudas com características capazes de sobrepor às condições adversas e crescer satisfatoriamente tem exigido pesquisas na área florestal, visando à obtenção de mudas de qualidade (HOPPE et al., 2004).

Gomes e Paiva (2008) caracterizam mudas de qualidade como sendo aquelas que possuem parte aérea bem formada, ausência de deficiências minerais e/ou estiolamento, sistema radicular bem formado, bom aspecto fitossanitário e altura da parte aérea adequada para o habitat e método de plantio, visando sua resistência às condições adversas do meio.

Segundo Lopes (2004), a produção de mudas de qualidade está diretamente relacionada com a escolha adequada dos insumos, como sementes, substratos, fertilizantes, água, recipientes e com o manejo aplicado no viveiro. Entretanto, estudos tem mostrado que as respostas estão associadas a cada espécie.

Assim, para a produção de mudas de qualidade, é fundamental o conhecimento das características da espécie foco do estudo, infraestrutura, aplicação de técnicas de manejo e insumos adequados, e mão-de-obra especializada (PAIVA; GONÇALVES, 2001).

1.3.4 Substratos

Um dos fatores condicionantes do padrão de qualidade das mudas em viveiro é o substrato, o qual pode ser formado por um único material, ou pela mistura de dois ou mais materiais (KÄMPF, 2000). Esse insumo é composto por uma fase sólida, constituída de partículas minerais e orgânicas; uma fase líquida, constituída

pela água, onde se encontram os nutrientes, denominada solução do substrato; e uma fase gasosa, constituída pelo ar (PAIVA; GONÇALVES, 2001).

A principal função do substrato é sustentar a planta e fornecer-lhe água, oxigênio e nutrientes, além de dar suporte para o desenvolvimento das raízes (WENDLING et al., 2002).

Para a escolha adequada do substrato destinado à produção de mudas devem-se levar em consideração os fatores econômicos, relacionados aos custos, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio; fatores químicos, relacionados principalmente ao pH e ao nível de fertilidade do material; e fatores físicos, se referindo às características desejáveis do próprio material, como textura e densidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato (WENDLING et al., 2002). Além disso, um bom substrato deve ter ausência de plantas invasoras, sobretudo gramíneas (DAVIDE; SILVA, 2008).

Comumente, para a produção de mudas de espécies florestais são utilizados principalmente o composto orgânico, esterco bovino, terra de subsolo, húmus de minhoca e o composto de resíduos sólidos urbanos (PAIVA; GONÇALVES, 2001). Entretanto, não existe formulação definida para as diferentes espécies florestais. Conforme Wendling et al. (2002), na composição do substrato é indicado 20 a 40% de material mais poroso (casca de arroz carbonizada, fibra de côco, acículas de pinus, húmus, entre outros) em mistura, e 60 a 80% de material menos poroso.

Um dos substratos comumente utilizado em viveiros é a turfa, formada a partir da decomposição de matéria orgânica vegetal em ambiente anóxico, úmido e ácido, correspondendo ao estágio inicial do processo de transformação natural de restos de vegetais em carvão mineral (KYZIOL, 2002). Sob o ponto de vista físico-químico, é um material poroso, altamente polar, com elevada capacidade de adsorção (COUILLARD, 1994).

Fischer (1996) e Martínez (2002) classificaram a turfa como sendo pouco decomposta, conhecida por turfa branca, caracterizada por apresentar pH ácido, baixo teor de minerais, porém conservando suas estruturas e apresentando bom equilíbrio entre a água e o ar após a irrigação; e muito decomposta, conhecida por turfa preta, caracterizada pelo alto teor de salinização, apresentando menor aeração

que as turfas pouco decompostas, não conservando suas estruturas, sendo apropriada a mistura de materiais que melhorem suas propriedades.

A casca de arroz carbonizada, também tem sido utilizada em ampla escala, como forma de aumentar a porosidade de substratos. No Rio Grande do Sul, corresponde a um resíduo facilmente disponível (KÄMPF; JUNG, 1991), apresentando baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos de tempo (WENDLING et al., 2002).

Substratos formados pela mistura de turfa e casca de arroz carbonizada apresentam propriedades adequadas para o uso como meio de emergência de sementes (AGUIAR et al., 1992). Esses autores pesquisando substratos a base de turfa e casca de arroz carbonizada, verificaram que os melhores substratos continham turfa como componente principal e cerca de 30% de casca de arroz carbonizada.

1.3.5 Irrigação

Para obtenção de mudas de qualidade, a irrigação é um dos fatores mais importantes na produtividade (LOPES, 2004). A quantidade de água que deve ser disponibilizada na irrigação é uma variável de difícil determinação, pois é necessário ter conhecimento das exigências hídricas da espécie, além das propriedades do substrato (REICHARDT, 1990; KLAR, 1991).

Além disso, Wendling et al. (2002) ressaltam a complexidade do manejo da irrigação em tubetes. Para esses autores, a limitação está na necessidade de sucessivas irrigações, em função do pequeno volume de substrato disponível à planta.

Diversos sistemas podem ser implantados para efetuar a irrigação, entre eles a aspersão, microaspersão, subirrigação, inundação, *floating*, gotejo e pulverização. Dentre os citados, Lopes (2004) destaca o método de microaspersão fixa como um dos mais utilizados em viveiros florestais. Nesse sistema de irrigação, a água é

aplicada próxima à região radicular da planta, sendo considerado um método de irrigação localizada (CONCEIÇÃO, 2004).

Esse mesmo autor ressalta que os perfis de distribuição da água aplicada por microaspersores variam de acordo com o tipo de emissor empregado, considerando, também, a distribuição do volume total aplicado ao longo do raio de alcance. No entanto, nas maiores distâncias há uma incidência maior de gotas de diâmetros superiores, correspondendo a volumes maiores de água aplicados.

A irrigação adequada proporciona a produção de mudas bem formadas, sendo que o substrato úmido e aerado é ideal para um bom desenvolvimento das espécies, porém se não for realizada corretamente pode provocar um consumo desnecessário de água (PAIVA; GONÇALVES, 2001). Por outro lado, a irrigação insuficiente proporciona o surgimento de condições desfavoráveis que afetam a presença de ar entre os poros do substrato, prejudicando o crescimento das raízes (LOPES, 2004), enquanto o excesso de umidade favorece a lixiviação de nutrientes, deterioração de raízes e contribui para o aparecimento de doenças.

Segundo Ferreira et al. (1999), o déficit hídrico afeta primeiramente as raízes, a partir do qual é desencadeada uma série de efeitos em toda a planta. Winter (1976) ressalta que a redução de água na planta afeta diferentes órgãos de diversas formas, onde a consequência mais comum do estresse de umidade é a redução na taxa de crescimento e decréscimo no desenvolvimento da área foliar.

Contudo, para a obtenção dos benefícios da irrigação, é necessário haver uniformidade na distribuição da água. Essa condição é afetada pelo vento, tipo de emissor, pressão do sistema, espaçamento existente entre cada aspersor ou microaspersor e demanda evaporativa da água (REICHARDT, 1990).

A uniformidade das vazões de um sistema de microaspersão reflete as diferenças entre os volumes aplicados pelos emissores na parcela durante a irrigação. Baixos valores de uniformidade das vazões representam falhas no dimensionamento do sistema de irrigação ou problemas de manutenção dos dispersores, como por exemplo, entupimentos e desgastes (CONCEIÇÃO, 2004). Entretanto, Hermann et al. (1992) salientam que nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade. Em geral, o aumento da uniformidade de distribuição da água requer investimentos na melhoria do sistema.

Pesquisas relacionadas ao déficit hídrico e a quantificação da necessidade de água que as espécies necessitam ainda são escassas. No Rio Grande do Sul, principalmente em viveiros florestais que não estão vinculados a grandes empresas, a irrigação ainda é realizada sem conhecimentos científicos adequados quanto a melhor maneira de irrigar. A utilização inadequada da irrigação em viveiros florestais acarreta em alta mortalidade e, muitas vezes, má formação das mudas, assim, aumentando os custos de produção e plantio destas (FREITAG, 2007).

1.3.6 Relação Água x Planta

Na fase inicial de crescimento da planta, a água é de extrema importância, pois influencia significativamente na produção de compostos orgânicos, tais como carboidratos e outros compostos que são produzidos durante a fase fotossintética e na sua ausência, a planta pode sofrer modificações em seu metabolismo (MARTINS, 2008).

Taiz e Zeiger (2009) ressaltam que a disponibilidade de água é fundamental para a manutenção da integridade funcional das estruturas celulares. Segundo Larcher (2006), algumas alterações fisiológicas provocadas pelo estresse podem ser irreversíveis, levando a danos permanentes ou até a morte da planta. Além disso, pode provocar mudanças nos processos fisiológicos, morfológicas e fenológicas (PIMENTEL, 2004).

Segundo Marengo e Lopes (2005) os processos biológicos da célula são direta ou indiretamente afetados pelo fornecimento de água, cujas principais funções estão relacionadas à constituição do protoplasma ou corpo da planta, onde a água constitui acima de 50% do peso fresco da maioria das partes das plantas arbóreas; solvente de substâncias; reagente e produto; manutenção de estruturas moleculares; manutenção da turgescência, tendo importância na abertura dos estômatos e nos movimentos de folhas, pétalas de flores e diversas estruturas vegetais especializadas; além de influenciar na termorregulação, meio de transporte interno da planta, entre outros processos.

Para que o movimento de água-solo-planta-atmosfera seja bem sucedido, a planta necessita apresentar um sistema vascular capaz de mover, das raízes para a parte aérea, a água perdida por transpiração, além de um mecanismo de controle que mantenha a absorção e transpiração em equilíbrio (BENINCASA; LEITE, 2004).

Reichardt (1990) ressalta que a absorção de água pela planta é afetada por fatores inerentes ao vegetal, destacando a extensão e profundidade do sistema radicular, superfície e permeabilidade radicular, idade da raiz, bem como a atividade metabólica da planta. Além disso, o autor também considera os fatores referentes à atmosfera, como a umidade relativa do ar, disponibilidade de radiação solar, vento e temperatura; e referentes ao solo, como a umidade, capacidade de água disponível, condutividade hidráulica, temperatura, aeração e salinidade da água, como sendo capazes de influenciar a absorção de água na planta.

Paiva e Oliveira (2006) destacam que o fechamento estomático não reduz apenas a saída de água da planta, mas também, a entrada de dióxido de carbono, fazendo com que haja uma redução da taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, uma redução no desenvolvimento da planta.

Aliado a isso, diversos estudos têm verificado que plantas com deficiência hídrica são mais vulneráveis as pragas e doenças (SILVA et. al., 2002). Sob baixa disponibilidade de água nos solos, vários processos metabólicos nas plantas podem ser influenciados, promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos, limitando a perda de água (NOBEL, 1974).

1.4 Material e Métodos

1.4.1 Caracterização geral da área de estudo

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal, pertencente ao Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria, Depressão Central do Rio Grande do Sul

(29°43' Latitude Sul e 53°43 'de Longitude Oeste), altitude aproximada de 90 a 95 metros, durante o período de julho de 2010 a julho de 2011.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região de Santa Maria é subtropical do tipo fundamental Cfa, com chuvas durante todos os meses do ano, apresentando precipitação média anual de 1700 mm, e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, que ocorre entre dezembro e fevereiro e do mês mais frio superior a 3 °C, entre junho e agosto (MORENO, 1961).

1.4.2 Coleta dos frutos, beneficiamento e armazenamento das sementes

Os frutos maduros de *Luehea divaricata* foram coletados no dia 8 de julho de 2010, no Morro do Cerrito, município de Santa Maria, em oito árvores matrizes. Os frutos de *Parapiptadenia rigida* foram coletados nos dias 8 e 22 de setembro de 2009, nas regiões de Santa Maria e Arroio Grande, Depressão Central do Rio Grande do Sul, os quais foram coletados em 28 árvores matrizes localizadas em remanescentes florestais.

A coleta dos frutos de ambas as espécies foi efetuada com auxílio de um podão, sendo os mesmos acondicionados em sacos de polietileno e transportados imediatamente ao Viveiro Florestal. Posteriormente, os frutos passaram por pré-secagem, facilitando sua abertura para a extração manual das sementes.

Após essa etapa, as sementes encontravam-se prontas para o armazenamento, o qual foi efetuado em câmara fria, com temperatura de $\pm 8^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa em torno de 80%. Nessas condições, as sementes de açoita-cavalo permaneceram armazenadas em sacos de papel dentro de tambores de papel Kraft, por 4 meses, e as sementes de angico-vermelho permaneceram armazenadas em sacos de polietileno dentro de tambores de papel Kraft, por 15 meses.

1.4.3 Teste de uniformidade da irrigação

O teste de uniformidade foi realizado para medir a quantidade de água liberada em 12 microaspersores dispostos em 3 linhas de irrigação, no dia 10 de dezembro de 2010. Nessas, foram utilizados microaspersores Fabrimar[®], modelo Sempreverde grama, com diâmetro dos bocais de 8,34 mm x 6,8 mm e ângulo do jato de 360^o, alocados nas extremidades de hastes, formadas com cano PVC de 1,5 m de altura da superfície do solo, atingindo um raio de, aproximadamente 3,6 metros, conforme indicações do fabricante.

Para emissão da água, foram utilizados três conjuntos moto-bomba da marca Schneider[®], sendo um conjunto para cada duas linhas, totalizando seis linhas de irrigação com entrada de água de ½ polegada e saída de uma polegada, sendo a pressão na base de 15 metros de coluna d'água (mca), e vazão total de 0,57 m³/h.

Entretanto, a pressão de serviço das bombas foi determinada no jato do bocal principal, por meio de um manômetro acoplado à bomba, sendo seu valor registrado no momento da realização do teste.

Para avaliar a uniformidade de irrigação, propriamente, a metodologia utilizada foi aquela descrita por Salassier et al. (2006), que consiste em colocar coletores em uma malha de pontos em torno do aspersor (Figura 1). A área em torno do aspersor é dividida em subáreas quadradas, onde os coletores de precipitação são colocados no centro de cada subárea (Figura 2). Assim, o volume ou a lâmina coletada em cada coletor representa a precipitação em cada subárea. O resultado deste teste representa o desempenho de um aspersor.

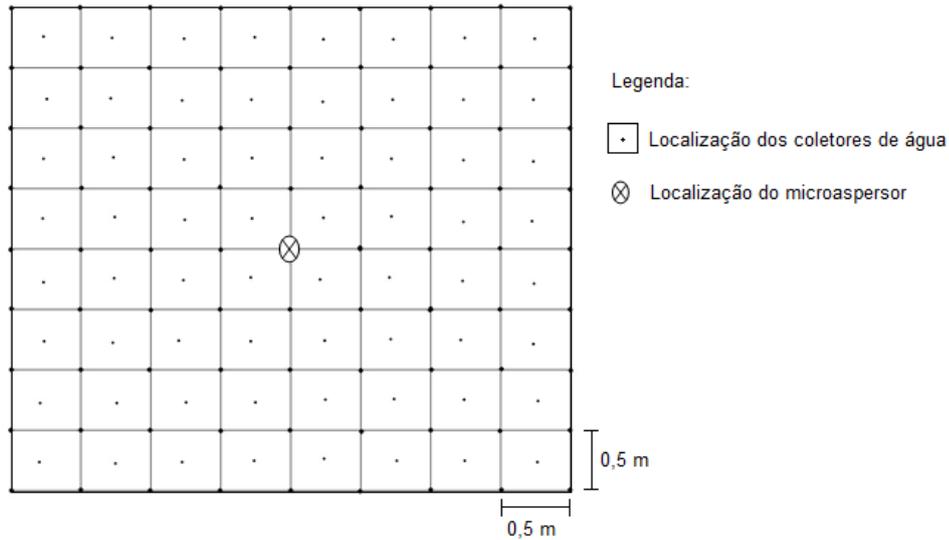


Figura 1 – Esquemática da disposição dos coletores em torno de um aspersor instalado no centro da área de abrangência do aspersor.

A disposição dos coletores marca Fabrimar[®] para a coleta de água aplicada pelo aspersor foi posicionada numa área de 2 m X 2 m, com coletores de 7,7 cm de diâmetro equidistantes 0,5 m entre si.

No primeiro momento, o teste foi realizado com uma única bomba trabalhando em duas linhas de irrigação, a pressão de operação foi de 2,0 atm, ajustadas por meio de uma válvula borboleta, instalada na saída do conjunto moto-bomba. Após essa etapa, foi realizado o teste para apenas uma linha de irrigação, pois durante a última irrigação do dia, apenas uma estaria em funcionamento, onde a pressão de operação foi de 3,0 atm.

Segundo Bernardo; Soares; Mantovani (2006), o tempo ideal para cada teste deve ser igual ou maior do que a metade do tempo que o sistema funcionará durante as irrigações normais, dessa maneira foi estipulado 30 minutos para cada linha de aspersão.

Foram utilizados 64 coletores em cada aspersor, onde o volume coletado foi transferido para um pluviômetro, sendo registrada a quantidade em milímetros, para obtenção do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (CHRISTIANSEN, 1942), expressa pela seguinte equação:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n x_i} \right)$$

Onde:

\bar{x} - precipitação média total dos pluviômetros;

x_i - precipitação observada em cada pluviômetro.

Cabe ressaltar que, após a instalação do experimento, a cada 30 dias, coletores foram alocados nas bandejas contendo as mudas, com a finalidade de monitorar a quantidade de água disponibilizada pelos aspersores.

Bernardo; Soares; Mantovani (2006) citam parâmetros que qualificam a uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação, os quais consideram excelente uniformidade quando apresenta coeficientes acima de 90%, bom de 80-90%, regular de 70-80%, ruim 70-60% inaceitável abaixo de 60%.

Para o presente estudo, o CUC encontrado foi de 88,34%, sendo classificado segundo o autor, como sendo bom. Ainda, de forma a complementar as informações, os dados meteorológicos de precipitação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (Anexo 1).

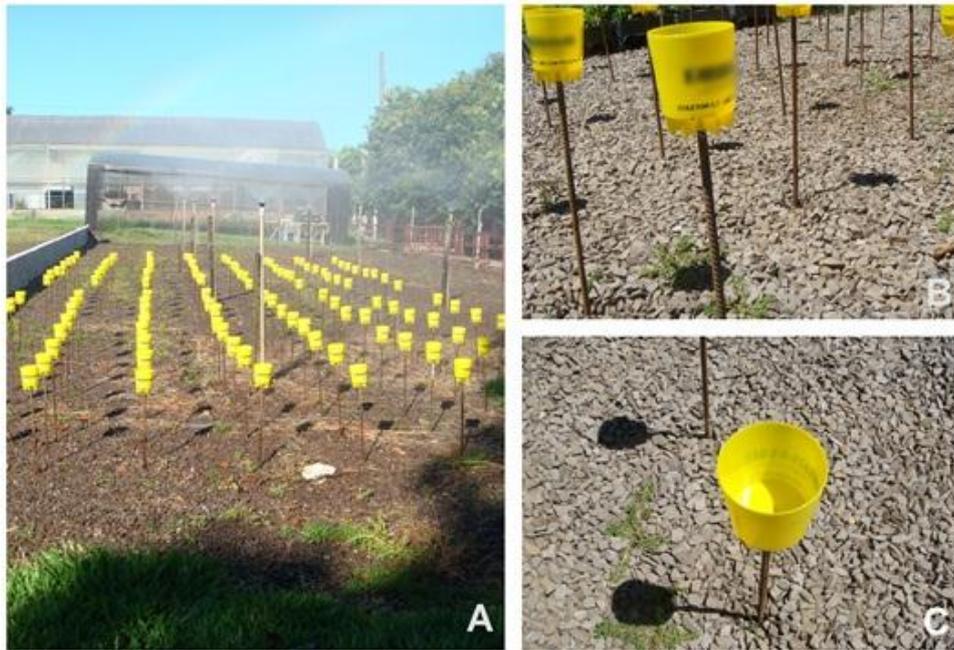


Figura 2 - A) Teste de Uniformidade em funcionamento, coletores dispostos a cada 0,5 m, instalados em dois aspersores; B) Coletores alocados em barras de ferro, dispostos 0,5 m da superfície do solo; C) Coletor de precipitação de água.

1.4.4 Instalação do experimento

A instalação do experimento de *Luehea divaricata* e *Parapiptadenia rigida* foi realizada nos dias 22 de novembro e 10 de dezembro de 2010, respectivamente, antes do início do verão na região.

Foram utilizados tubetes cônicos de polipropileno com capacidade de 110 cm³. Os tubetes foram acondicionados em bandejas plásticas suspensas a 16 cm da superfície do solo.

A semeadura foi efetuada diretamente nos tubetes colocando-se três sementes por recipiente. Quando as mudas apresentavam no mínimo 5 cm de altura e dois pares de cotilédones foi realizado o raleio, eliminando-se as plântulas excedentes, deixando apenas uma por recipiente, a mais vigorosa e central. Essa atividade foi realizada aos trinta dias após semeadura, para o angico vermelho, e sessenta dias para a açoita-cavalo. As mudas permaneceram em casa de vegetação, e após esse período, 82 dias para *Luehea divaricata* e 64 dias para

Parapiptadenia rigida, as bandejas foram conduzidas ao crescimento (a pleno sol), e submetidas às diferentes lâminas de irrigação. Além disso, nos períodos de chuva, as mudas foram cobertas com plástico aditivado, não recebendo irrigação.

Na adubação de base foi adicionado fertilizante de liberação controlada (FLC), da marca Osmocote[®], na formulação NPK 15:09:12 e dosagem de 6,0 g.L⁻¹, conforme recomendado por Braga (2006). Aproximadamente 60 dias após a emergência das plântulas, foi iniciada a adubação de cobertura, utilizando Peters Professional[®] (20%N, 20% P₂O e 20% K₂O) na dosagem de 3 g.L⁻¹, conforme recomendações do fabricante, sendo aplicado, aproximadamente, 0,104 L/bandeja.

As medições começaram a serem realizadas 94 dias após a semeadura, para ambas as espécies, quando essas apresentavam altura superior a 5 cm e, no mínimo, 2 pares de cotilédones.

1.4.5 Tratamentos Avaliados e Delineamento Experimental

O experimento foi planejado em esquema fatorial (substrato X lâminas de irrigação). Os substratos avaliados foram constituídos de turfa Carolina Soil[®] (mistura de turfa preta e vermiculita) e de casca de arroz carbonizada (CAC), nas proporções de 100% turfa (100T), 80% turfa e 20% CAC (80T), 60% turfa e 40% CAC (60T) e 40% turfa e 60% CAC (40T).

Com base no Teste de Uniformidade, as lâminas de irrigação foram distribuídas em diferentes frequências e horários diários, visando otimizar a automatização do sistema de irrigação, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Lâminas de irrigação, frequência diária, quantidade (mm) e horários de irrigação, Viveiro Florestal, DCFL, UFSM.

Tratamento	Frequência (vezes/dia)	Quantidade (mm/frequência)
Lâmina 4 mm	2	2 mm (8hs) 2 mm (13hs)
Lâmina 8 mm	3	2 mm (8hs) 2 mm (13hs) 4 mm (15:20hs)
Lâmina 12 mm	3	4 mm (8:30hs) 4 mm (12:30hs) 4 mm (15hs)
Lâmina 16 mm	4	4 mm (7:45hs) 4 mm (11:30hs) 4 mm (14hs) 4 mm (16:45hs)
Lâmina 20 mm	4	4 mm (8:30hs) 4 mm (12:30hs) 4 mm (15hs) 8 mm (16:50hs)
Lâmina 24 mm	5	4 mm (7:45hs) 4 mm (11:30hs) 4 mm (14hs) 4 mm (16:45hs) 8 mm (17:30hs)

1.4.6 Parâmetros avaliados

Após o período de emergência foram efetuadas avaliações, a cada 30 dias, medindo-se a altura (H), com auxílio de uma régua, e o diâmetro do coleto (D), com um paquímetro digital, bem como a sobrevivência, por meio da observação visual e registro dos indivíduos mortos. Essas avaliações foram realizadas durante 120 dias, totalizando 4 medições.

Assim, o experimento considerando 6 lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm) e 4 formulações de substratos (100% turfa, 80% turfa e 20% CAC, 60% turfa e 40% CAC e 40% turfa e 60% CAC), com 4 repetições em cada tratamento, sendo distribuído em blocos casualizados, cujas variáveis altura, diâmetro e relação h/d

foram avaliadas no tempo (trifatorial), e a variável produção de massa seca aérea e radicular e área foliar foram avaliados somente na última medição (bifatorial). Considerando as variáveis destrutivas, a parcela útil foi composta por 24 mudas, sendo medido o diâmetro do coleto e altura nos 9 indivíduos centrais e 4 indivíduos para análises destrutivas.

A análise da massa seca aérea (MSA) e massa seca radicular (MSR) foram realizadas ao final do quarto mês de instalação do experimento, as raízes e parte aérea de três mudas de ambas as espécies em estudo foram separadas com o auxílio de tesoura de poda, permanecendo as amostras em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, a 70 °C.

A partir desses dados, foi possível a obtenção de parâmetros como a relação massa seca aérea e massa seca radicular (MSA/MSR), massa seca total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula: $MST (g) / [H (cm)/D (mm) + MSA (g)/MSR (g)]$.

A área foliar foi obtida com o auxílio do programa IrfanView[®] e IrfanView Thumbnails[®]. Na ocasião, foram utilizadas três mudas de cada tratamento, das quais foram retiradas a parte aérea de ambas as espécies com o auxílio de um podão de mão, e suas folhas foram fixadas em papel branco, sendo após recoberto por vidro transparente, para posterior fotografia. Foi utilizada uma régua milimetrada para o dimensionamento, e as amostras foram fotografadas com o uso de câmera digital, marca Sony, modelo DSC T-100, e posteriormente as imagens foram processadas.

Foi utilizada análise de regressão para verificar o coeficiente de determinação entre as variáveis, para posterior obtenção do ponto crítico (PC) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET). Além disso, foi realizada análise de variância para verificar a existência de interação entre as fontes de variação, a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software SISVAR v. 5.3 (FERREIRA, 2008).

1.4.7 Análises físicas e químicas dos substratos

Conforme metodologia descrita pelo Laboratório de Análises de Substratos Para Plantas (LASPP), pertencente à Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias, as análises físicas e químicas (Tabela 2) foram realizadas no

referido laboratório, sendo que a densidade foi obtida por meio do método da autocompactação, que consiste em preencher uma proveta plástica transparente e graduada de 500mL, com aproximadamente 300mL de substrato na umidade atual. Após, essa proveta é deixada cair, sob a ação do seu próprio peso, de uma altura de 10 cm por 10 (dez) vezes consecutivas. Com auxílio de uma espátula nivela-se a superfície levemente, e lê-se o volume obtido (mL). Em seguida pesa-se o material úmido (g).

A densidade então é obtida por meio das fórmulas:

$$D. \text{ úmida (kg m}^{-3}\text{)} = \text{Massa úmida (g)} / \text{Volume (mL)} \times 1000$$

O Espaço de Aeração e Água Disponível foi determinado por meio de curvas de retenção de água nas tensões de 0, 10 e 50 cm de altura de coluna de água, correspondendo às pressões de 0, 10 e 50 hPa (0; 0,1 e 0,5 kPa). Os valores são obtidos por meio das fórmulas:

Espaço de Aeração (EA): representado pela diferença obtida entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão de 10 cm.

$$EA = \frac{\text{Massa úmida (tensão 0)} - \text{Massa úmida (tensão 10)}}{\text{Volume do anel}} \times 100$$

Água Facilmente Disponível (AFD): volume de água encontrado entre os pontos 10 e 50 cm de tensão.

$$AFD = \frac{\text{Massa úmida (tensão 10)} - \text{Massa úmida (tensão 50)}}{\text{Volume do anel}} \times 100$$

Para as análises químicas, foi utilizado o Método 1:5 (v:v) – para Valor de pH e Condutividade Elétrica, onde as leituras foram feitas em suspensões de substrato:água deionizada na proporção de 1:5 (v:v), sendo que as condições da água eram controladas (a 25°C, < 0,2 mS/m (<0,002dS/m a 25°C)).

Posteriormente, realizava-se o procedimento para amostras que passaram através da peneira/malha de 20mm (=/- 5%), onde as amostras foram colocadas em recipiente com tampa de 500mL, massa equivalente a 60ml da amostra (calculado

segundo a densidade) e 300mL de água deionizada, após era homogeneizada em agitador horizontal por 60 minutos em rotação 40rpm para posterior leitura com potenciômetro previamente calibrado, sendo filtrado e eliminado.

Tabela 2 – Valores médios das propriedades físicas (Densidade úmida (DU), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD)) e químicas (Condutividade elétrica (CE) e pH) dos substratos estudados, Viveiro Florestal, DCFL, UFSM.

Substrato	DU (kg/m³)	EA %*	AFD %*	CE (dS/m)	Condição	pH	Condição
100T	392	22,6	32,1	0,54	normal	6,03	adequado
80T	278	30,6	23,7	0,41	normal	6,08	adequado
60T	276	45,8	19,3	0,30	baixo	6,31	adequado
40T	279	43,3	17,1	0,21	baixo	6,62	alto

Em que: 100T: 100% turfa; 80T: 80% turfa 20% casca de arroz carbonizada; 60T: 60% turfa 40% casca de arroz carbonizada; 40T: 40% turfa 60% casca de arroz carbonizada; DU: Densidade úmida;

* Schimtz; Souza e Kämpf (2002) citam EA ideal = 30% e AFD = 24 a 40%.

2 CAPÍTULO I - EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan SUBMETIDAS A DIFERENTES SUBSTRATOS

2.1 Resumo

O objetivo geral desse trabalho consistiu em avaliar os efeitos das lâminas de irrigação, em diferentes substratos, na sobrevivência e crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida*. O trabalho foi desenvolvido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As sementes utilizadas foram coletadas de árvores matrizes, na região de Santa Maria (RS). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, constituído de esquema fatorial, considerando 6 lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹) e 4 formulações de substratos (100T: 100% turfa; 80T: 80% turfa e 20% CAC; 60T: 60% turfa e 40% CAC; 40T: 40% turfa e 60% CAC), cujas variáveis altura, diâmetro, e relação h/d foram avaliadas no tempo, constituindo um trifatorial, e a variável sobrevivência, produção de massa seca, área foliar e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foram avaliados somente na última medição (bifatorial). Aos 184 dias após a semeadura, a sobrevivência foi de 100% em todos os tratamentos testados. Houve interação significativa das variáveis lâmina de irrigação, substrato e tempo, onde a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, bem como o substrato 80T proporcionaram os melhores resultados em altura (29,86 cm), diâmetro (4,00 mm) e relação H/D (7,5). Para o peso da matéria seca, não houve interação entre a lâmina aplicada e o substrato testado, sendo encontrada maior massa seca aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e IQD com a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, com valores de 4,0 g, 2,02 g, 6,02 g e 0,64, respectivamente. Para essas variáveis, os substratos 100T e 80T obtiveram similaridade, sendo a MSA de 3,35g (100T) e 3,34 g (80T), MST de 1,86 g para 100T e 1,85 g para 80T, e MSR de 5,21 g (100T) e 5,20 g (80T), e IQD de 0,57 (100T) e 0,56 (80T). Entretanto, a interação lâmina e substrato foram significativos para a variável área foliar, sendo a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato 80T, a que proporcionou maior área (299,72 cm²). Além disso, observou-se que com o aumento da quantidade de água disponibilizada, o desenvolvimento das mudas foi mais lento, o que também foi verificado em relação aos substratos, quanto maior a proporção de CAC, menor foi o crescimento de angico-vermelho. Com isso, pode-se concluir que a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato composto por 80% turfa e 20% CAC, proporcionaram o desenvolvimento das mudas, aos 184 dias após a semeadura.

Palavras-chave: Espécie florestal; viveiro florestal; angico-vermelho.

2.2 Introdução

A crescente demanda por produtos florestais tem aumentado a preocupação pela conservação dos ecossistemas e da biodiversidade (SARTORETTO; SALDANHA; CORDER; 2008). No Estado do Rio Grande do Sul, por meio do decreto estadual nº 47.137/2010, fica estabelecido a recomposição florestal com espécies nativas em áreas de preservação permanente, reserva legal e compensação florestal (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

Nesse contexto, o uso de espécies nativas em programas de recuperação de áreas alteradas e de preservação permanente tem sido amplamente empregado (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Porém, segundo Golfari (1978), a introdução de espécies inadequadas pode levar a uma série de consequências, que podem acarretar em prejuízos econômicos e ambientais.

Espécies pioneiras, como o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), são indicadas para recomposição de áreas que estão sendo recuperadas e áreas de preservação permanente (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002). Além disso, a espécie possui grande interesse comercial, devido à elevada durabilidade natural da madeira, sendo utilizada para construções, carvão, paisagismo, entre outros.

Com isso, é cada vez maior a necessidade de produzir mudas de qualidade, com características capazes de sobrepôr as condições adversas, e crescer satisfatoriamente. Mudas de qualidade são aquelas que possuem parte aérea bem formada, ausência de deficiências minerais e sistema radicular bem formado (PAIVA; GONÇALVES, 2001), entre outros aspectos.

Um dos fatores condicionantes do padrão de qualidade das mudas em viveiro é o substrato, sendo esse o local onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo (WENDLING et al., 2002). Segundo esses autores, a principal função do substrato é sustentar a planta e fornecer-lhe água, oxigênio e nutrientes.

Gonçalves (1996) afirma que um bom substrato deve conter boa estrutura e consistência, de modo a sustentar tanto sementes como estacas corretamente; ser suficientemente poroso para drenar o excesso de água, tanto das chuvas quanto das irrigações; possuir capacidade de reter água, de modo a evitar as irrigações constantes; não apresentar contrações ou expansões devido às oscilações de

umidade; não apresentar substâncias tóxicas, plantas invasoras, inóculos de doenças e sais em excesso; estar disponível em quantidade e a custos viáveis, além de ser bem padronizado, ou seja, deve apresentar pouca variação de lote para lote nas suas propriedades físicas e químicas.

A água utilizada na irrigação de plantas é outro fator que deve ser considerado, quando se deseja obter mudas de qualidade, pois a falta ou excesso pode limitar o desenvolvimento das mesmas, levando-as ao estresse hídrico e diminuição na absorção de nutrientes (LOPES, 2004). Segundo Azevedo (2003), o aumento da quantidade de água requerida para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas.

Nesse contexto, ambos os fatores estão associados, e podem restringir ou potencializar o desenvolvimento das mudas (KAMPF, 2000). Dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos das lâminas de irrigação na sobrevivência e crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida* em diferentes formulações de substrato.

2.3 Material e métodos

A descrição desse componente consta no item “Considerações Gerais sobre o Estudo”, o qual foi elaborado de forma conjunta, para ambas as espécies dessa dissertação.

2.4 Resultados

2.4.1 Sobrevivência das mudas

Aos 184 dias após a semeadura (DAS) das sementes de *Parapiptadenia rigida*, pôde-se observar 100% de sobrevivência, em todos os substratos e lâminas de irrigação.

2.4.2 Características morfológicas

2.4.2.1 Crescimento em altura

A partir da análise de variância, pode-se observar que as variáveis lâminas de irrigação, substrato e tempo tiveram interação significativa entre si. Para esse parâmetro, as análises dos resultados da superfície de reposta não foram expressivos graficamente para a função quadrática. Dessa forma, para a melhor interpretação dos resultados, foi realizado o desdobramento bifatorial das variáveis.

A Figura 3 (A) demonstra a altura das mudas em função da lâmina aplicada no tempo para cada substrato avaliado, sendo que aos 94 DAS, a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ proporcionou o maior desenvolvimento das mudas (9,31 cm), o que também foi verificado aos 124 dias, com altura de 14,07 cm, e as demais apresentaram valores inferiores. Essa tendência de crescimento em altura também foi verificada aos 154 e 184 DAS, com valores de 21,04 cm e 25,65 cm.

Analisando os diferentes substratos avaliados (Figura 3 (B)), observou-se que o substrato 80T, composto por uma mistura 80% Turfa e 20% CAC, apresentou, aos 94, 124, 154 e 184 DAS, os melhores resultados para a variável altura, com valores de 10,12 cm, 15,15 cm, 20,48 cm e 25,67 cm, respectivamente. Por outro lado, o

substrato 40T (40% Turfa e 60% CAC) apresentou os valores mais baixos de crescimento em altura, com 16,86 cm aos 184 dias após a semeadura.

Para as mudas produzidas em todos os substratos avaliados, os valores de altura decrescem à medida que se aumenta a lâmina de irrigação, ou seja, quanto maior a quantidade de água disponibilizada para as mudas de *Parapiptadenia rigida*, mais lentamente essas mudas se desenvolvem.

Aos 184 DAS, foi verificado maiores valores de altura na lâmina de irrigação de 4 mm.dia⁻¹, em combinação com o substrato 80T, onde a altura foi de 29,86 cm, diferenciando das demais lâminas e substratos, que obtiveram valores inferiores, onde o substrato composto por 60% CAC foi o que determinou menor crescimento em altura das mudas, em todas as lâminas de irrigação testadas (Figura 3 (C)).

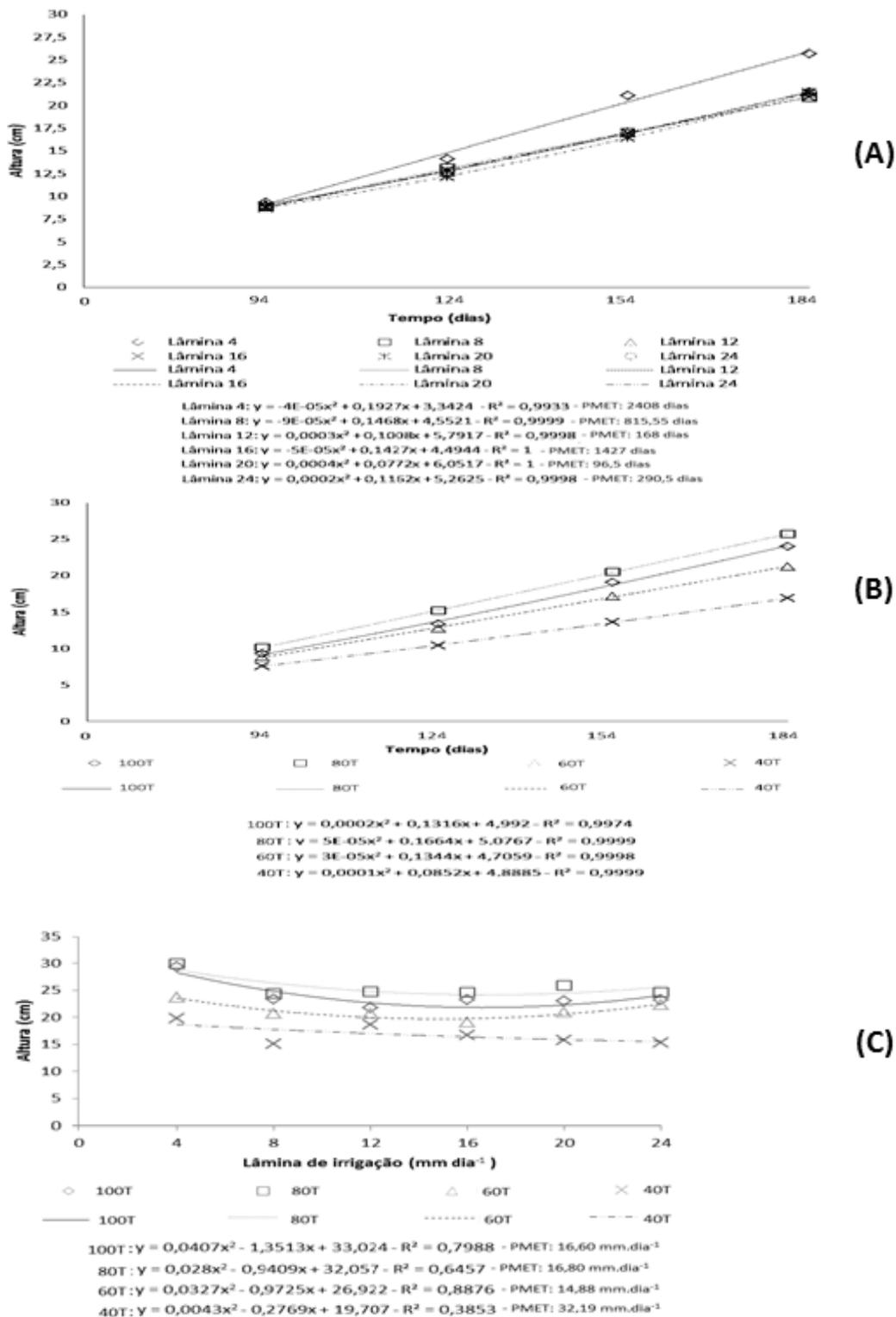


Figura 3 – Altura das mudas (cm) de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.4.2.2 Crescimento em diâmetro do coleto (DC)

Para o parâmetro diâmetro do coleto (DC), as variáveis lâminas de irrigação e substratos avaliados em função do tempo tiveram uma interação significativa entre si, considerando as lâminas aplicadas, substratos testados, e o tempo de medição. Assim como para o crescimento em altura, quando analisada a superfície de resposta para o diâmetro, esse parâmetro não foi expressivo graficamente, sendo, portanto, os resultados desdobrados em bifatoriais.

Inicialmente (94 DAS), a lâmina de 8 mm.dia^{-1} mostrou-se eficiente no crescimento em diâmetro do coleto das mudas de angico-vermelho, com 1,80 mm, porém não diferindo das demais lâminas, que obtiveram diferença de incremento máximo de, aproximadamente, 0,20 mm (Figura 4(A)). Entretanto, aos 124, 154 e 184 DAS, a lâmina de 4 mm.dia^{-1} proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas, com diâmetros do coleto de 2,30 mm, 3,16 mm e 3,74 mm, respectivamente. Esses resultados coincidem com a resposta de crescimento em relação à altura, como foi visto anteriormente, indicando que a lâmina de 4 mm.dia^{-1} pode ser utilizada para o desenvolvimento das mudas de angico-vermelho durante a fase de viveiro.

Aos 184 dias após o início das medições, verificou-se que, para os substratos 100T e 80T (Figura 4 (B) e (C)), as mudas submetidas à lâmina 4 mm.dia^{-1} apresentaram os maiores valores para a variável diâmetro, 3,86 mm e 4,0 mm, respectivamente, diferenciando significativamente do substrato 40T, que nessa mesma lâmina e período, obteve diâmetro do coleto de 2,77 mm, o que também corrobora os resultados obtidos para a variável altura. Assim, constatando-se que os maiores valores foram obtidos com a mesma intensidade hídrica e substrato, para ambas as variáveis.

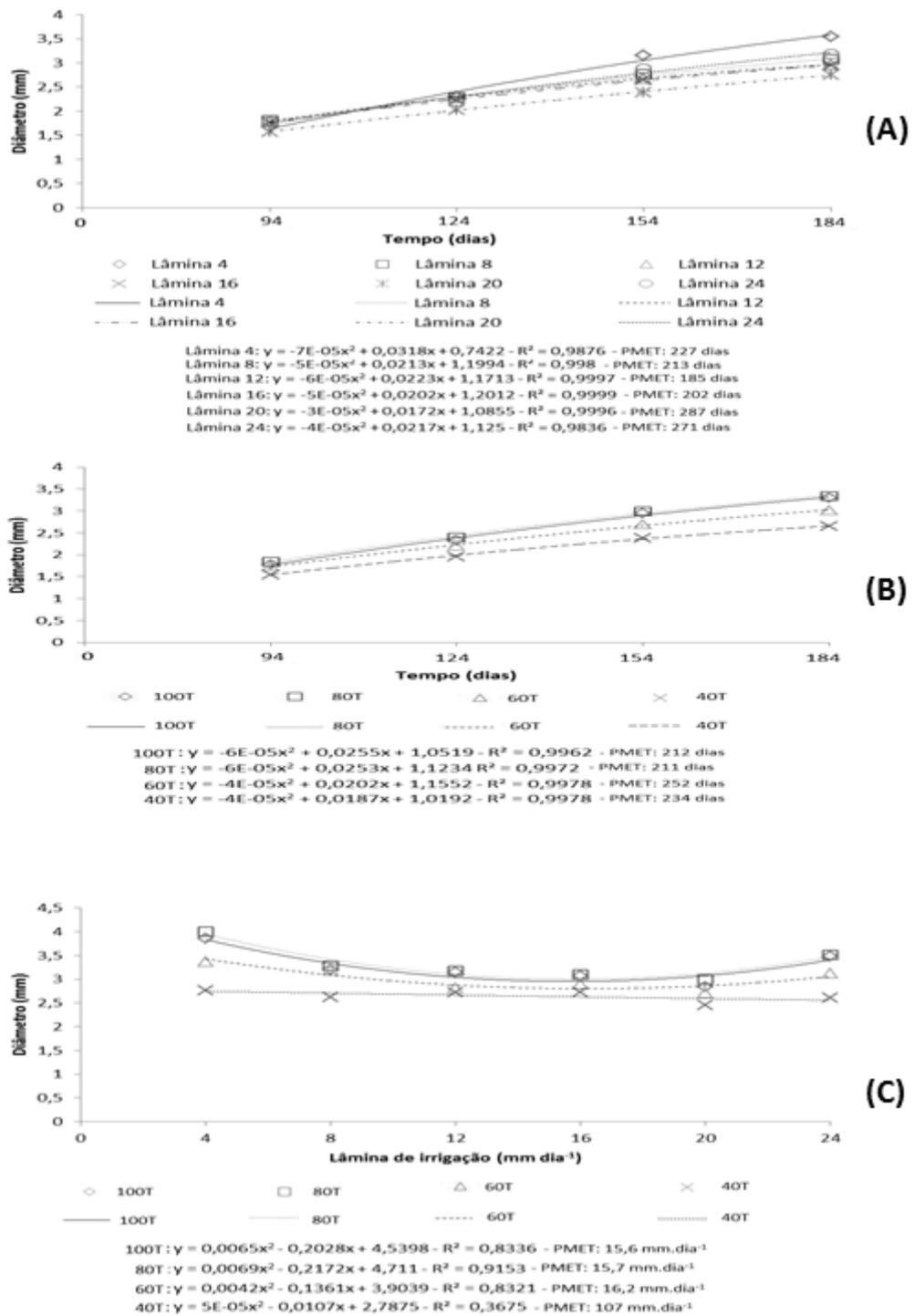


Figura 4 – Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.4.2.3 Relação Altura/Diâmetro do coleto (H/DC)

A partir da análise de variância, observou-se diferença estatística entre as variáveis lâminas de irrigação, substratos e tempo de medição na relação H/DC, sendo as variáveis desdobradas em bifatoriais. Observa-se na maioria das lâminas avaliadas (Figura 5 (A)), uma tendência linear de acréscimo da relação H/D com o aumento no período de medições.

Aos 94 DAS (Figura 5 (B)), que apenas o substrato 40T apresentava uma relação H/DC inferior 5,0 , recomendado por Carneiro (1995). A partir dos 124 DAS, as mudas produzidas em todos os substratos testados apresentaram H/DC superior a 5,0. Além disso, a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ quando submetida aos substratos testados (Figura 5 (C)), tiveram seus valores próximos, sendo 7,1 (100T), 7,5 (80T), 7,1 (60T) e 7,2 (40T).

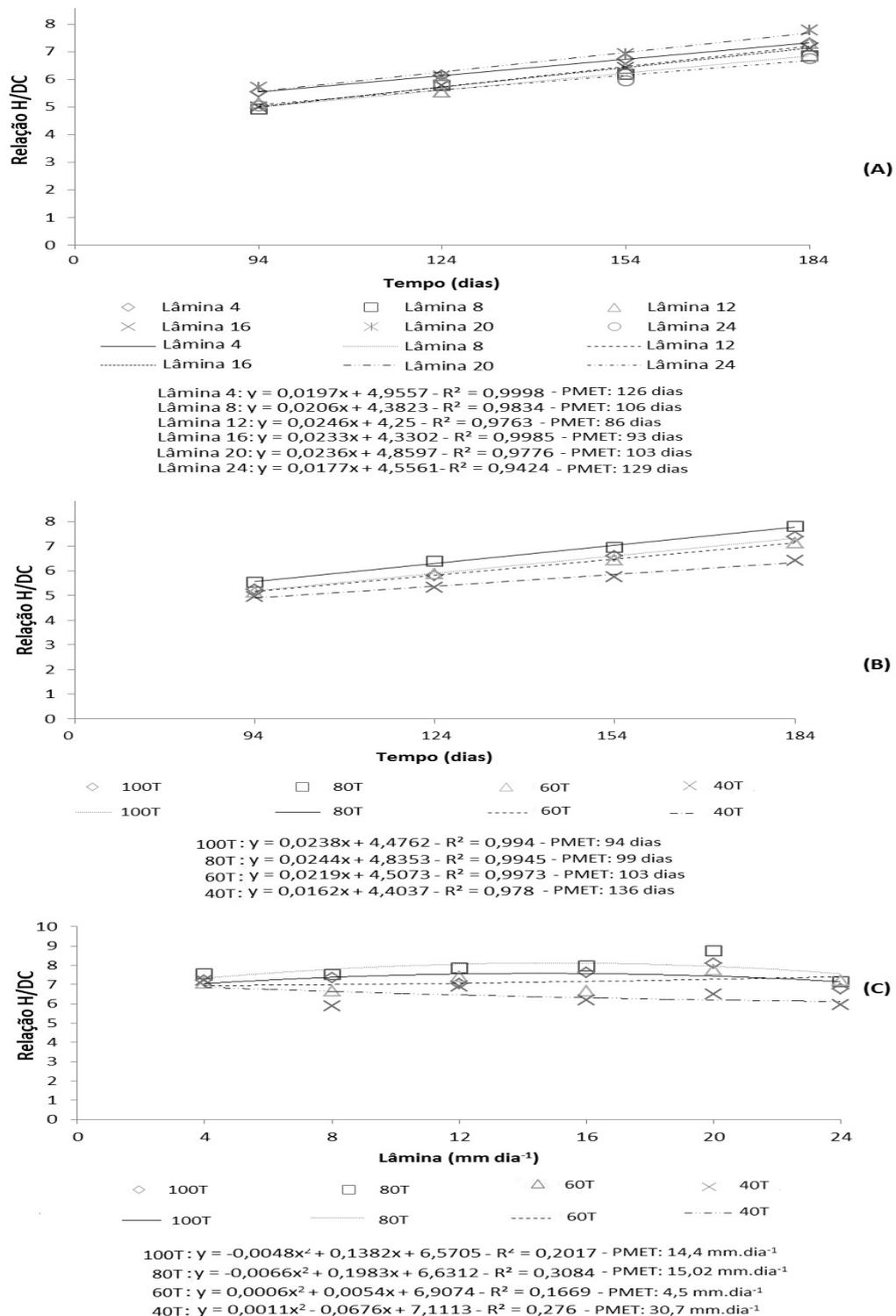


Figura 5 – Relação H/DC de mudas de *Parapiptadenia rigida*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.4.3 Acúmulo de Massa Seca

Não houve diferença estatística para a variável massa seca aérea (MSA) na interação lâmina de irrigação e substratos. Entretanto, quando analisados separadamente, as lâminas aplicadas e substratos testados diferiram quanto à produção de MSA.

A análise de regressão aplicada na variável lâmina de irrigação demonstra elevado coeficiente de determinação, evidenciando que a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ proporciona maior peso de massa seca foliar (4,0 g), diferindo das demais lâminas, que apresentaram valores inferiores, comprovando os resultados de características morfológicas obtidos, confirmando que a menor intensidade de irrigação utilizada proporciona o desenvolvimento adequado de *Parapiptadenia rigida* (Figura 6 (A)).

Houve diferença significativa também para a variável substrato, sendo que os valores encontrados para 100T e 80T foram aproximados, 3,35 g e 3,34 g, respectivamente, porém, à medida que se aumentou a proporção de casca de arroz carbonizada, menor foi a massa seca aérea das mudas, aos 184 DAS (Figura 6 (B)).

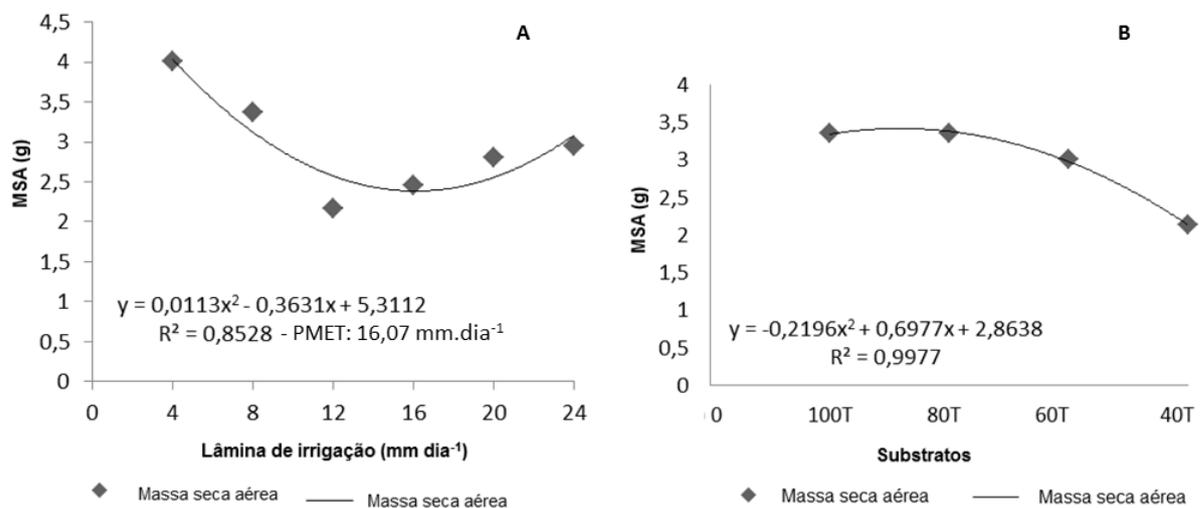


Figura 6 – Massa seca aérea (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

Para a variável massa seca radicular (MSR) não foi verificada interação significativa na interação lâmina de irrigação e substrato. Contudo, da mesma forma que para massa seca aérea, quando analisadas separadamente, tanto as lâminas de irrigação, como os diferentes substratos avaliados apresentaram diferença significativa.

Avaliando-se as diferentes lâminas de irrigação, pode-se observar que as lâminas de 4 e 8 mm.dia⁻¹ apresentaram valores de massa secas radicular praticamente iguais, com 2,02 g e 2,01 g, respectivamente, sendo esses, superiores aos valores obtidos com o aumento da lâmina de irrigação (Figura 7 (A)). Esses resultados comprovam os resultados de massa seca aérea e as características morfológicas obtidas, confirmando que a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ é adequada para o desenvolvimento de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 DAS. Além disso, explica o menor diâmetro do coleto, considerando que ambas variáveis parecem estar correlacionadas.

Para a variável substrato, também foi verificada a mesma tendência de produção de massa seca obtida para lâmina de irrigação, os substratos 100T e 80T tiveram seus valores aproximados, 1,86 g e 1,85 g, respectivamente. Além disso, a produção de massa seca radicular foi reduzida com o aumento da quantidade de CAC nos substratos, atingindo 1,07 no substrato 40T (Figura 7 (B)).

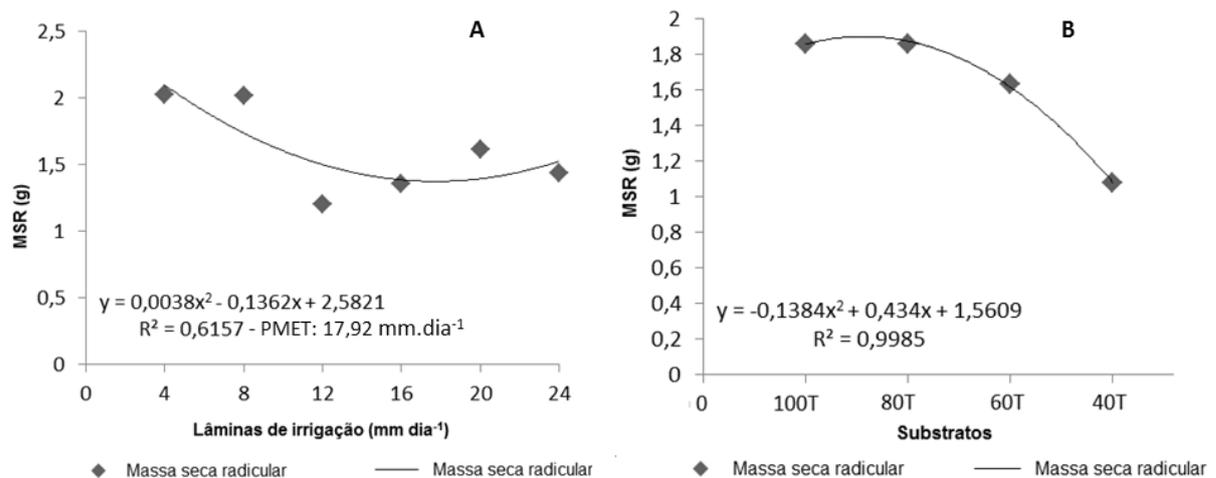


Figura 7 – Massa seca radicular (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

Não foi verificada diferença significativa na interação lâmina x substratos, para a variável massa seca total (MST). Entretanto, quando analisada separadamente, tanto as lâminas de irrigação, como os diferentes substratos apresentaram diferença significativa.

Considerando a biomassa total acumulada, verifica-se que o maior acúmulo ocorreu com a lâmina de 4 mm dia⁻¹, valores estes que concordam com os demais atributos morfológicos como altura e diâmetro do coleto (Figura 8 (A)).

A MST foi fortemente correlacionada ao substrato, com valores aproximados para 100T e 80T, respectivamente, 5,21 g e 5,20 g, sendo que esse valor foi reduzindo a medida que se aumentou a proporção de casca de arroz carbonizada, aos 184 DAS (Figura 8 (B)).

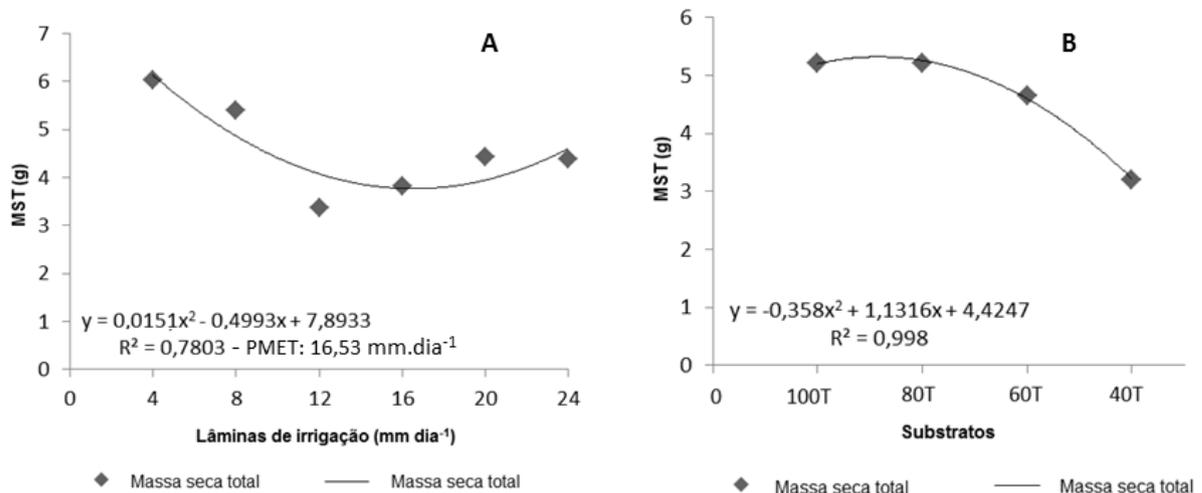


Figura 8 – Massa seca total (g) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.4.4 Índice de Qualidade de Dickson

Não foi verificada diferença significativa na interação lâmina de irrigação e substrato para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Entretanto, tanto as lâminas de irrigação, como os diferentes substratos, quando avaliados isoladamente, apresentaram diferença significativa.

A Figura 9 (A) demonstra os resultados do IQD em mudas de *Parapiptadenia rigida* submetidas a diferentes lâminas de irrigação, podendo-se observar que, no final das avaliações, foi verificado na lâmina de 4 mm.dia⁻¹ os maiores valores desse índice, seguido da lâmina de 8 mm.dia⁻¹, com 0,64 e 0,62, respectivamente.

Para essa variável, também foram verificadas diferenças significativas quando avaliadas em função do substrato, sendo que 100T, 80T e 60T apresentaram valores superiores e próximos, quando comparado com 40T. Além disso, o IQD reduz à medida que aumenta a proporção de casca de arroz carbonizada, aos 184 dias após a semeadura (Figura 9 (B)).

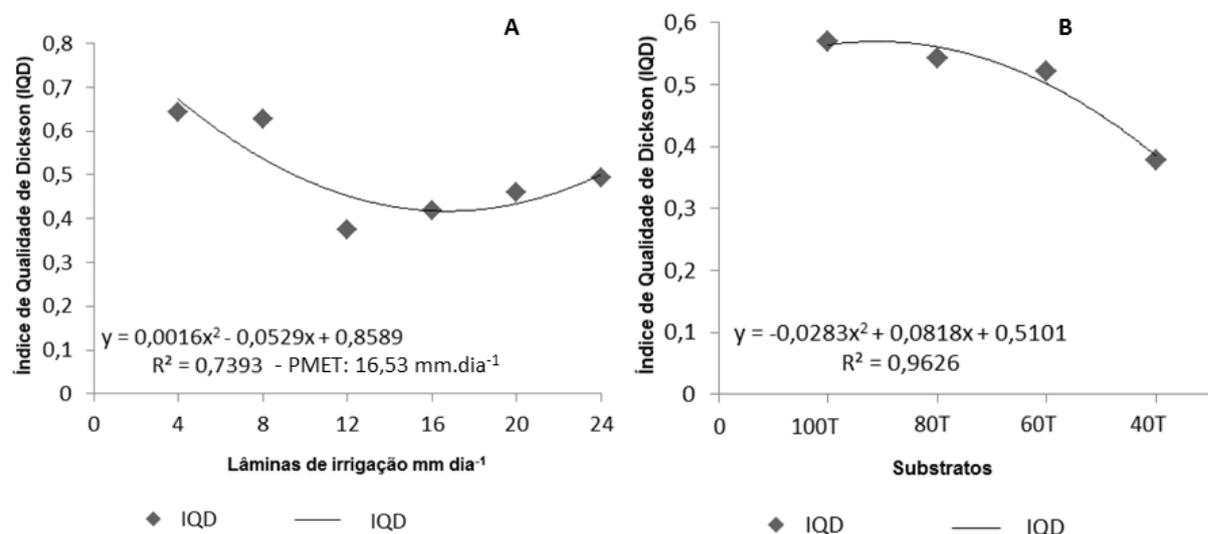


Figura 9 – Índice de Qualidade de Dickson de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.4.5 Área Foliar

A partir da análise de variância, pode-se observar que houve interação significativa entre variáveis lâminas de irrigação e substratos. Ao término das medições, aos 184 dias, foram verificadas para as mudas produzidas no substrato 80T e submetidas à lâmina de 4 mm.dia⁻¹, os maiores valores para a variável área foliar (299,72 cm²), diferenciando significativamente do substrato 40T, que nessa

mesma lâmina e período, obteve uma área foliar de 162,11 cm². Esse mesmo substrato, quando submetido à lâmina diária de 24 mm apresentou uma área foliar de 104,87 cm², bem inferior à lâmina de 4 mm.dia⁻¹, confirmando os resultados obtidos separadamente para essa variável, podendo-se afirmar que os maiores valores foram encontrados com a mesma intensidade hídrica e substrato (Figura 10).

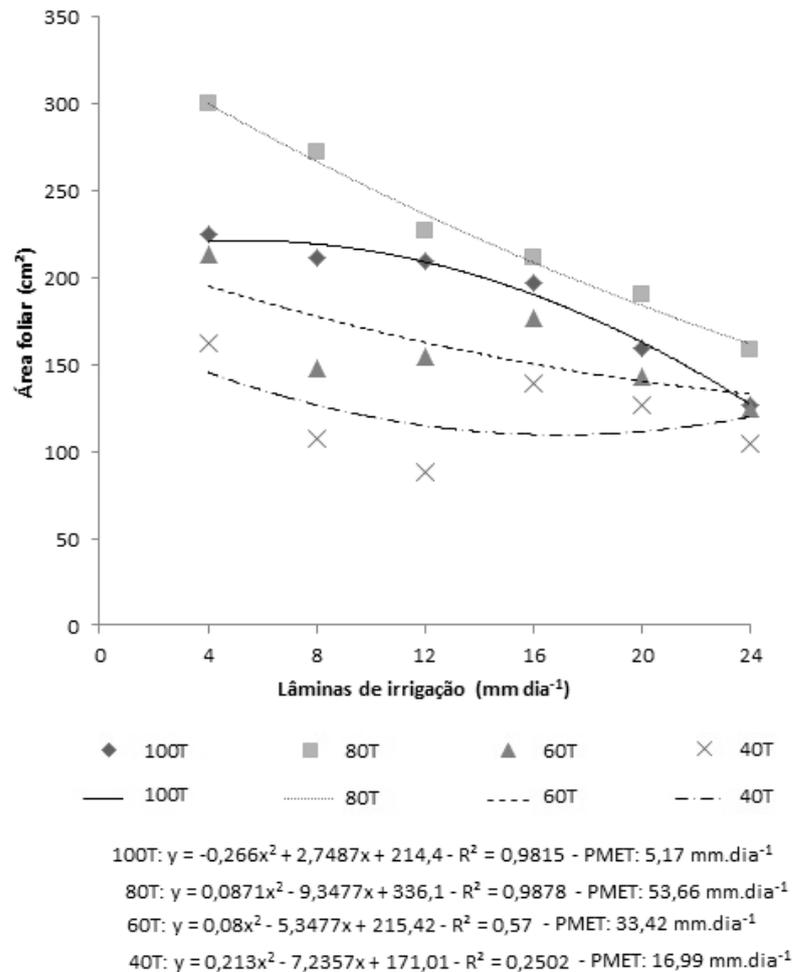


Figura 10 – Área foliar das mudas (cm²) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²), e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

2.5 Discussão

Independente da lâmina de irrigação e substratos utilizados, a sobrevivência das mudas de angico-vermelho, aos 184 DAS foi elevada (100%), dessa forma, esse parâmetro não é decisivo para inferir sobre o melhor substrato e/ou irrigação no viveiro. A elevada sobrevivência do angico-vermelho, provavelmente, esteja relacionada à elevada adaptabilidade a distintas condições, já descrita por Carvalho (2003), o qual também menciona a necessidade de evitar seu plantio em solos excessivamente úmidos.

A sobrevivência de 100% das mudas, mesmo em baixa intensidade de irrigação e substrato mais poroso, pode ser uma característica intrínseca da espécie, pois Lopes; Gerrini; Saad, (2005), avaliando a sobrevivência de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes regimes hídricos, verificaram elevada mortalidade em lâminas de 6 e 8 mm.dia⁻¹, revelando as diferentes demandas hídricas das espécies.

Os parâmetros altura, diâmetro do coleto, massa seca aérea, massa seca radicular e área foliar, permitem inferir que, tanto o substrato 100T como o 80T, são eficientes para suprir a demanda das mudas de angico-vermelho, com baixa intensidade de irrigação (4 mm.dia⁻¹).

Por outro lado, tomando-se somente o parâmetro altura e área foliar como base, observa-se interação da irrigação com o substrato, o que indica que a decisão de qual lâmina deve ser utilizada dependerá do substrato ou vice-versa.

De forma aplicada, quando o viveiro tem estabelecido determinado horário e intensidade para irrigação, o mais adequado seria escolher o substrato mais apropriado. Por outro lado, caso haja a flexibilidade e entendimento do viveirista para ajustar a irrigação, é possível ser mais flexível na escolha do substrato, utilizando-se o disponível, o que, muitas vezes, reduz o custo de produção.

Considerando padrão sugerido por Carneiro (1995) e Gonçalves et al. (2000), que descrevem altura média das mudas para plantio de 20 a 35 cm, para a espécie em estudo, aos 154 dias após a semeadura, mudas conduzidas com regime hídrico

de 4 mm diários, no substrato 80T (20,59 cm) já podem ser rustificadas para condução ao campo.

Para o parâmetro diâmetro do coleto, a interação foi tripla, indicando que além da irrigação apresentar efetividade conforme o substrato utilizado, ou vice-versa, isso também foi variável entre as avaliações. De qualquer forma, na Figura 4 pode-se observar o destaque da lâmina 4 mm.dia⁻¹, assim como o substrato 100T e 80T, a partir de 154 DAS.

O diâmetro do coleto dessa espécie, em qualquer tratamento, foi menor do que 5 cm, valor esse descrito, por Gonçalves et al. (2000), como mínimo para espécies nativas. Por outro lado, esse valor sendo genérico, deve ser utilizado com certa cautela, pois Scheer; Carneiro; Santos (2010), estudando o desenvolvimento de mudas de *Parapiptadenia rigida*, na maioria dos tratamentos testados observaram diâmetro inferior a 5 cm, após sete meses de viveiro.

A massa seca aérea (MSA) e radicular (MSR) corroboram, em parte, que a menor intensidade de irrigação e menor proporção de casca de arroz carbonizada, foram favoráveis para o adequado desenvolvimento do angico-vermelho, pois, independente do substrato, o maior acúmulo de biomassa ocorreu com 4 mm.dia⁻¹ de irrigação (MSA, Figura 6 (A); MSR, Figura 7 (A)), assim como, utilizando-se os substratos 100T e 80T, em qualquer irrigação entre 4 e 24 mm.dia⁻¹ (MSA, Figura 6 (B); MSR, Figura 7(B)).

A maior área foliar foi observada no substrato 80T e lâmina de 4 mm.dia⁻¹. Larcher (2006) mencionou que a menor área foliar pode estar associada à redução no tamanho das folhas ou de sua produção, conseqüentemente a área de captação de luz, as reações fotossintéticas e as trocas gasosas são severamente influenciadas. Conforme Cairo (1995) e Lovelock et al. (1998) em estudos com espécies florestais lenhosas, a área foliar é extremamente afetada pela quantidade de água disponível no solo. Assim, o substrato 80T associado à lâmina de 4 mm.dia⁻¹, confirma a reduzida demanda de água pela espécie, considerando que o substrato apresenta cerca de 30% de espaço de aeração e 25% de água facilmente disponível, condição essa intermediária em relação aos demais utilizados (Tabela 2). O substrato 100T, para esse mesmo parâmetro mostrou-se inadequado, provavelmente porque mantém menor percentual de espaço de aeração (22,5%).

Kämpf e Jung (1991), descrevendo sobre características de substrato, mencionam a dificuldade de encontrar um material, que utilizado isoladamente, seja adequado, citando a casca de arroz carbonizada como um bom condicionador, a qual pode aumentar o espaço de aeração do substrato. Os autores descrevem que o substrato deve ser suficientemente poroso para permitir a troca gasosa às raízes, e cita que a necessidade quanto ao espaço de aeração depende de cada espécie. Por outro lado, também deve apresentar capacidade de retenção de água adequada para suprir as demandas da espécie.

Na análise de crescimento do angico-vermelho no viveiro, parâmetros como relação H/DC, massa seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) não se mostraram indicativos adequados para seleção da lâmina de irrigação e substrato adequado. Apesar de alguns trabalhos terem considerado interessante a relação H/DC (CARNEIRO, 1995), MST e IQD (FONSECA, 2002), sua eficiência como indicativo da qualidade da muda pode estar associado à espécie ou outros fatores, como insumos utilizados, aspectos ambientais e fase do desenvolvimento da muda, pois Gomes et al. (2002), também constatou que esses parâmetros não foram indicativos do desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Por outro lado, constatou-se que a relação H/DC está de acordo com padrões descritos como adequados na literatura (5 a 10) (CARNEIRO, 1995), em todos os substratos e irrigação (Figura 5). Enquanto a MST manteve-se entre 5 e 6 g.planta⁻¹, nas melhores condições de produção (Figura 8 (A) e (B)), valores esses, superiores ao descrito por Pinto et al. (2011), ao analisarem a MST da *Mimosa caesalpinifolia* (0,7 g.planta⁻¹), produzidas em diferentes substratos, atribuindo o resultado à elevada qualidade física da fibra de coco. Contudo, observa-se elevada MST para *Parapiptadenia rígida*.

De forma semelhante, apesar do IQD não ter permitido distinguir a lâmina de irrigação, esse parâmetro apresentou os maiores valores entre 4 a 8 mm.dia⁻¹, e nos substratos 100T, 80T e 60T (Figuras 9 (A) e (B)). Nessas condições o IQD foi superior a 0,2, o que conforme Hunt (1990) representa o mínimo recomendado. De acordo com Gomes et al. (2002), quanto maior o IQD, melhor a qualidade das mudas, podendo-se assim constatar a elevada qualidade das mudas produzidas, considerando que os melhores valores foram de 0,6 e 0,7.

Contudo, os parâmetros observados nesse estudo são respaldados pela literatura, e permitem inferir sobre a demanda expressivamente diferente das espécies, quando comparado com Lopes et al. (2005; 2007). Os autores avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, observaram que, aos 108 dias após a semeadura, as lâminas de 12 e 14 mm.dia⁻¹ apresentaram melhor desenvolvimento das mudas em altura (33 cm e 35 cm, respectivamente), diâmetro do coleto (3 mm em ambas as lâminas), e relação H/D (11,1 e 11,9). Para a MSA, MSR e MST o aumento foi linear com acréscimo da lâmina de irrigação, cujo último parâmetro mencionado apresentou 2,1 g.planta⁻¹ quando irrigado com 14 mm.dia⁻¹ em contra partida de 0,8 g.planta⁻¹ sob 6 mm.dia⁻¹.

Esses mesmos autores, ao avaliarem o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*, submetidas a diferentes substratos e lâminas de irrigação, observaram que foi possível obter mudas de ótima qualidade, com alturas superiores a 30 cm, aos 108 dias após a semeadura, em lâminas de 12 mm.dia⁻¹, com o uso dos substratos composto por casca de pinus e vermiculita, e o substrato composto por casca de pinus, carvão, turfa e vermiculita (LOPES et al., 2007).

Para *Parapiptadenia rígida*, provavelmente, a maior proporção de CAC misturada à turfa ocasionou a lixiviação de nutrientes, pois conforme descrito por Fermino (2002), a CAC apresenta em torno de 55% de espaço de aeração em relação a 15% de água facilmente disponível, 10% de sólido e 5% de água tamponante. Entretanto, é possível descrever que substratos com maior proporção de CAC, misturados à turfa, proporcionam maior lixiviação de nutrientes, desfavorecendo o desenvolvimento das mudas, devido a maior porosidade do substrato.

2.6 Conclusão

As diferentes lâminas de irrigação testadas, bem como os diferentes substratos avaliados, não interferem na sobrevivência das mudas de *Parapiptadenia rigida* na fase de viveiro. Além disso, a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato composto por 80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada, proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas. Assim, sugere-se essa combinação, como sendo ideal para o crescimento de angico-vermelho, aos 184 dias após a semeadura.

3 CAPÍTULO II - CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Luehea divaricata* (Martius et Zuccarini) SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS

3.1 Resumo

Espécies nativas, como a *Luehea divaricata*, conhecida popularmente como açoita-cavalo, tem sido amplamente utilizada em recomposição de áreas que estão sendo recuperadas e áreas de preservação permanente. Devido a isso, tornam-se necessários estudos relacionados a essa espécie com a finalidade de manter a sua conservação e perpetuação. Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho consistiu em avaliar os efeitos das lâminas de irrigação, em diferentes substratos, na sobrevivência e crescimento de mudas de *Luehea divaricata*. O trabalho foi desenvolvido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As sementes utilizadas foram coletadas de oito árvores matrizes, na região de Santa Maria (RS). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, constituído de esquema fatorial, considerando 6 lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹) e 4 formulações de substratos (100T: 100% turfa; 80T: 80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada; 60T: 60% turfa e 40% casca de arroz carbonizada; 40T: 40% turfa e 60% casca de arroz carbonizada), cujas variáveis altura, diâmetro, e relação h/d foram avaliadas no tempo, constituindo um esquema trifatorial, enquanto a variável sobrevivência, produção de massa seca área (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foram avaliados somente na última medição (bifatorial). No final das medições, aos 184 dias após a semeadura, foi observada elevada sobrevivência das mudas em todos os tratamentos, acima de 97%, com exceção do substrato 40T em combinação com a lâmina de 24 mm.dia⁻¹ (93%). Houve interação significativa das variáveis lâmina de irrigação, substrato e tempo para o parâmetro altura, onde a lâmina de 16 mm.dia⁻¹, bem como o substrato 100T e 80T proporcionaram os melhores resultados em altura (33,44 cm e 32,47 cm) e diâmetro (6,88 mm e 6,83 mm). Para o peso da matéria seca, não houve interação entre a lâmina aplicada e o substrato testado, sendo encontrada maior MSA e MST na lâmina de 12 mm.dia⁻¹, e MSR e IQD na lâmina de 20 mm.dia⁻¹, com valores de 4,63 g, 8,86 g, 4,57 g, 1,45, respectivamente. Para essas variáveis, o substrato 100T proporcionou os maiores valores, sendo a MSA de 4,92 g, MSR de 5,17 g, MST de 10,09 g, e IQD de 1,66. Entretanto, a interação lâmina e substrato foram significativos para a variável área foliar, sendo a lâmina de 16 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato 100T, proporcionou maior área (757,73 cm²). Além disso, o desenvolvimento das mudas aumentou de acordo com a quantidade de água disponibilizada, até os 16 mm diários, onde a partir dessa lâmina, tende a decrescer, tornando seu crescimento mais lento. Com relação aos substratos, foi verificado que o crescimento das mudas diminui com a maior proporção de casca de arroz carbonizada. Com isso, pode-se concluir que a lâmina de 16 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato composto por 100% turfa, proporcionou o desenvolvimento adequado das mudas, aos 184 dias após a semeadura.

Palavras-chave: Espécie florestal nativa; Viveiro florestal; Açoita-cavalo.

3.2 Introdução

O plantio de espécies nativas tem sido amplamente reconhecido como um dos temas centrais da silvicultura, sendo que, além dos aspectos econômicos, também deve ser levado em consideração a recuperação de áreas degradadas, bem como a recomposição de florestas.

Espécies florestais nativas como a *Luehea divaricata* (Martius et Zuccarini), conhecida popularmente como açoita-cavalo, tem sido amplamente utilizada na indústria madeireira no sul do Brasil. Entretanto, sua exploração descontrolada e extrativista tem levado a redução drástica de seus exemplares, sendo, atualmente, uma tarefa difícil encontrar indivíduos com boas características fenotípicas.

Devido a isso, tem se tornado evidente a necessidade de conservação de espécies florestais, além da existência de forte demanda social e científica pela conservação das florestas e recuperação de áreas ambientalmente degradadas. Essa busca, pela conservação e recuperação das florestas vêm fortalecendo as políticas ambientais na promoção de um aumento de demanda de sementes e mudas de espécies nativas, que constituem insumo básico nos programas de recuperação ou conservação de ecossistemas (SARMENTO; VILLELA, 2010).

A produção de mudas de qualidade tem-se tornado extremamente importante, as quais devem apresentar características satisfatória, adequadas ao plantio, sendo que a escolha correta do substrato é um dos pressupostos para atingir esse objetivo. Jabur e Martins (2002) descrevem que o substrato deve ser isento de patógenos, possuir adequado equilíbrio entre macro e microporos para o desenvolvimento radicular, boa capacidade de retenção de água, boa consistência visando à obtenção de torrões intactos quando retirados do recipiente, baixo custo e fácil obtenção.

Associado ao substrato, a água disponibilizada por irrigação também deve ser adequadamente disponibilizada quando se deseja obter mudas de qualidade, pois o acúmulo ou a falta pode limitar seu desenvolvimento, acarretando em estresse hídrico e redução na absorção de nutrientes.

Com base no exposto, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação na sobrevivência e crescimento de mudas de *Luehea divaricata* em diferentes formulações de substrato.

3.3 Material e métodos

A descrição desse componente consta no item “Considerações Gerais sobre o Estudo”, o qual foi elaborado de forma conjunta, para ambas as espécies dessa dissertação.

3.4 Resultados

3.4.1 Sobrevivência das mudas

Aos 184 dias após a semeadura (DAS), constatou-se a interação da lâmina de irrigação e substrato na sobrevivência das mudas de *Luehea divaricata*, sendo verificada uma elevada taxa de sobrevivência das mudas no final do experimento, superior a 93%.

Observa-se, na Tabela 3, que houve maior mortalidade das mudas sob a lâmina de 24 mm.dia⁻¹ em combinação com o substrato 40T (93%), constatando-se que mesmo diante de um substrato mais poroso, o excesso de água poderá apresentar menor prejuízo do que a aplicação de 4 mm.dia⁻¹. Além disso, verificou-se 100% de sobrevivência na lâmina de 20 mm diários em todos os substratos avaliados, e sob a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, houve a mortalidade de, pelo menos, uma muda de açoita-cavalo.

Tabela 3 – Sobrevivência de mudas (%) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substrato e lâminas de irrigação (mm.dia⁻¹), Viveiro Florestal, DCFL, UFSM.

Substrato	Lâmina de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
	Sobrevivência (%)					
100T	98,6	99,3	100,0	99,3	100,0	100,0
80T	98,6	100,0	100,0	99,3	100,0	100,0
60T	98,6	100,0	99,3	100,0	100,0	99,3
40T	97,2	98,6	97,9	99,3	100,0	93,0

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC). (R²= 69,45).

3.4.2 Características morfológicas

3.4.2.1 Crescimento em altura

Para o parâmetro altura, a variável lâmina de irrigação quando observada em função do tempo, apresentou interação significativa, ou seja, a necessidade hídrica de mudas de *Luehea divaricata* é distinta em cada fase de desenvolvimento.

Aos 94 dias após a semeadura (DAS), as mudas de *Luehea divaricata*, quando submetidas à lâmina de 16 mm.dia⁻¹, apresentaram altura média de 13,31 cm, sendo esse valor superior às demais lâminas de irrigação avaliadas. Entretanto, a diferença para essa lâmina quando comparada com a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ é pequena (11,82 cm), demonstrando que no início das medições a necessidade hídrica dessa espécie pode ser menor (Figura 11 (A)).

A partir dessa lâmina, pode-se observar que, com o aumento da quantidade de água aplicada, as mudas de *Luehea divaricata* tiveram um declínio no seu crescimento, sendo que as lâminas de 20 mm.dia⁻¹ e 24 mm.dia⁻¹ tiveram seu desenvolvimento mais lento, com alturas médias de 12,87 cm e 12,73 cm, quando comparadas à lâmina de 16 mm.dia⁻¹.

Aos 184 DAS, a diferença de crescimento da lâmina de 4 mm.dia⁻¹ e a de 16 mm.dia⁻¹ foi de 4 cm, com valores de 29,32 cm e 25,33 cm, respectivamente, indicando que lâminas inferiores a 12 mm.dia⁻¹ desfavorecem o crescimento da espécie, durante essa fase de desenvolvimento, sendo indicadas, para mudas de *Luehea divaricata* de, aproximadamente 6 meses, uma irrigação média diária de 16 mm.dia⁻¹, no decorrer da fase de crescimento em viveiro.

Observando o crescimento das mudas de *Luehea divaricata* submetidas a diferentes substratos, constata-se, por meio de análise de regressão (Figura 11 (B)), que em todo o decorrer do experimento, os substratos 100T e 80T, proporcionaram o melhor desenvolvimento das mudas, até os 184 DAS.

As mudas semeadas no substrato 100T apresentaram, aos 94, 124, 154 e 184 DAS, alturas médias de 15,09 cm, 21,47 cm, 26,19 cm e 30,78 cm,

respectivamente, com valores muito próximos de 80T. Entretanto, as mudas do substrato 40T, composto por uma mistura de 40% turfa e 60% casca de arroz carbonizada (CAC), apresentaram desenvolvimento mais lento, quando comparado aos demais substratos testados, com alturas médias de 8,10 cm, 12,94 cm, 16,83 cm e 20,94 cm, respectivamente aos 94, 124, 154 e 184 dias.

Ao término das medições, aos 184 dias, foram verificadas maiores alturas, em mudas de *Luehea divaricata*, na lâmina de irrigação de 16 mm.dia⁻¹ em combinação com os substratos 100T e 80T (Figura 11 (C)), com valores de 33,44 cm e 32,47 cm, respectivamente. Diferentemente da lâmina citada, a irrigação diária de 4 mm.dia⁻¹ não se torna apropriada para a espécie, como demonstra o presente estudo, sendo alcançadas alturas médias de 26,78 cm, 27,01 cm, 25,39 cm e 22,17 cm, respectivamente, para os substratos 100T, 80T, 60T e 40T.

Além disso, os valores de altura foram crescentes com o aumento da lâmina de irrigação, alcançando seu maior desenvolvimento com 16 mm diários, e decrescendo a partir dessa lâmina.

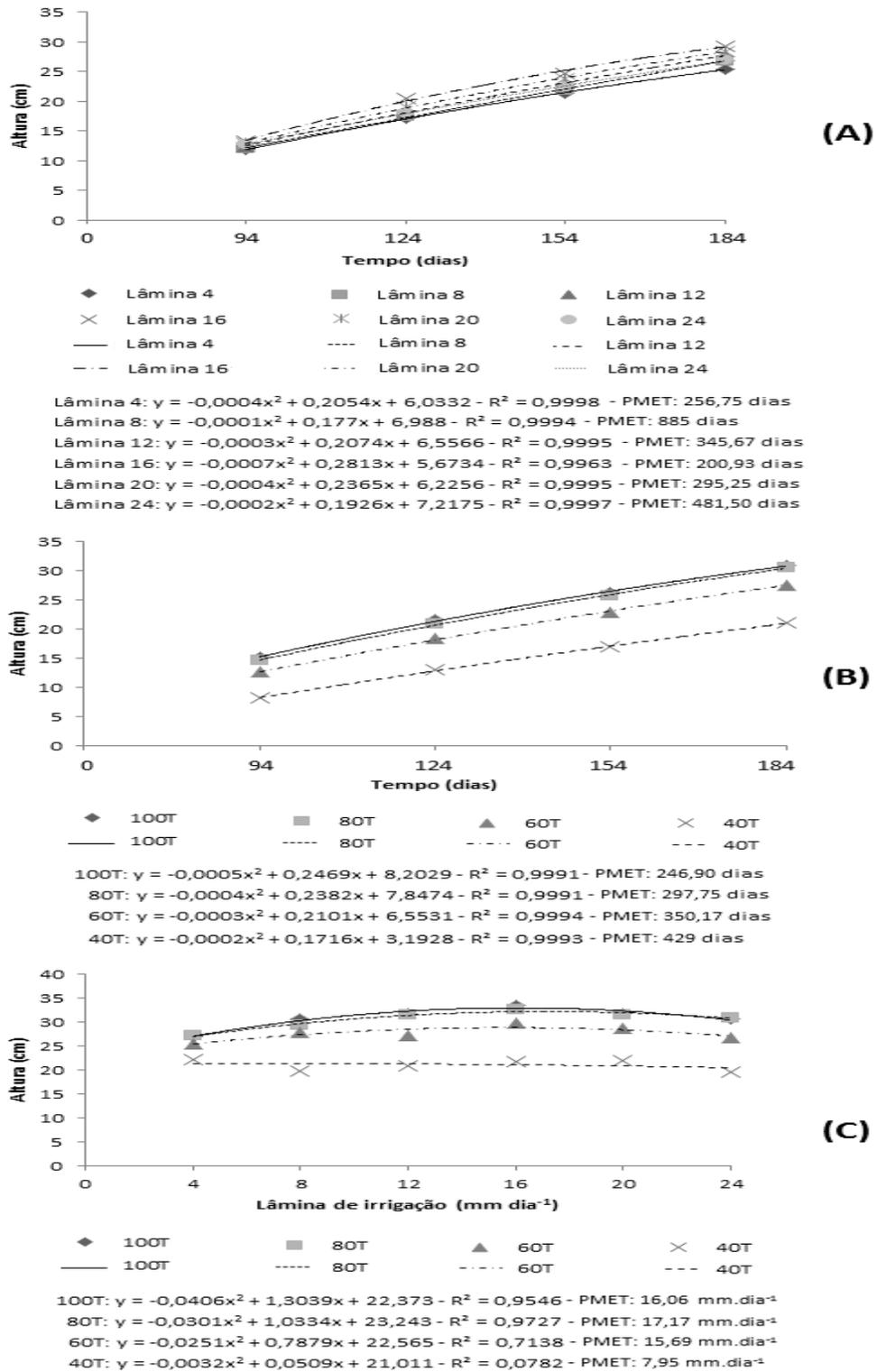


Figura 11 – Altura das mudas (cm) de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

3.4.2.2 Crescimento em diâmetro do coleto (DC)

As variáveis lâminas de irrigação e substratos avaliados em função do tempo foram significativas entre si, ou seja, houve interação tripla, considerando as lâminas aplicadas, substratos testados, e o tempo de medição.

Os resultados obtidos por meio de análise de regressão indicam que houve elevado coeficiente de determinação entre as lâminas de irrigação aplicadas diariamente e os tempos de medição em função do substrato avaliado para o parâmetro diâmetro do coleto. No entanto, nessa análise de superfície resposta, a interpretação foi dificultada pelo ajuste da equação quadrática, remetendo para utilização do desdobramento das interações duplas.

Aos 94 DAS, a lâmina de 16 mm.dia⁻¹ proporcionou o maior crescimento em diâmetro do coleto nas mudas de açoita-cavalo, com 2,98 mm, seguido das lâminas de 20 mm.dia⁻¹ e 24 mm.dia⁻¹, com diâmetro médio de 2,61 mm e 2,66 mm. As lâminas de 4, 8 e 12 mm.dia⁻¹ apresentaram os menores valores de diâmetro do coleto, com máxima diferença de incremento de, aproximadamente, 0,67 mm (Figura 12 (A)).

Foram verificadas, aos 124, 154 e 184 DAS, que a lâmina de 16 mm.dia⁻¹ seguiu a mesma tendência de crescimento, proporcionando os maiores valores de diâmetro do coleto, com 3,93 mm, 4,92 mm e 5,97 mm, respectivamente. Esses resultados confirmam a resposta das mudas em relação à altura, como foi verificado anteriormente, indicando que a lâmina de 16 mm.dia⁻¹ pode ser utilizada para o desenvolvimento inicial de mudas de açoita-cavalo.

As mudas de *Luehea divaricata* produzidas no substrato 100T apresentaram, aos 94, 124, 154 e 184 DAS (Figura 12 (B)), os melhores resultados em diâmetro do coleto, com valores médios de 2,96 mm, 4,02 mm, 5,05 mm e 6,07 mm, respectivamente, não diferenciando do substrato 80T, que, em comparação com o substrato composto por 100T, apresentou máxima diferença de incremento de 0,06 mm.

Em contrapartida, o substrato 40T não proporcionou um bom desenvolvimento das mudas, sendo que aos 184 dias, apresentou o menor diâmetro

do coleto (3,54 mm), com uma diferença de 2,53 mm em relação à 100T, no mesmo período de crescimento.

Ao término das medições, aos 184 dias, as mudas produzidas no substrato 100T e 80T, submetidas à lâmina de 16 mm.dia⁻¹ apresentaram os maiores valores para a variável diâmetro do coleto, 6,88 mm e 6,83 mm, respectivamente, diferenciando significativamente do substrato 40T, que nessa mesma lâmina e período, obteve um diâmetro médio de 3,61mm (Figura 12 (C)), confirmando com os resultados obtidos para a variável altura, podendo-se afirmar que os maiores valores foram obtidos com a mesma intensidade hídrica e substratos, para ambas as variáveis.

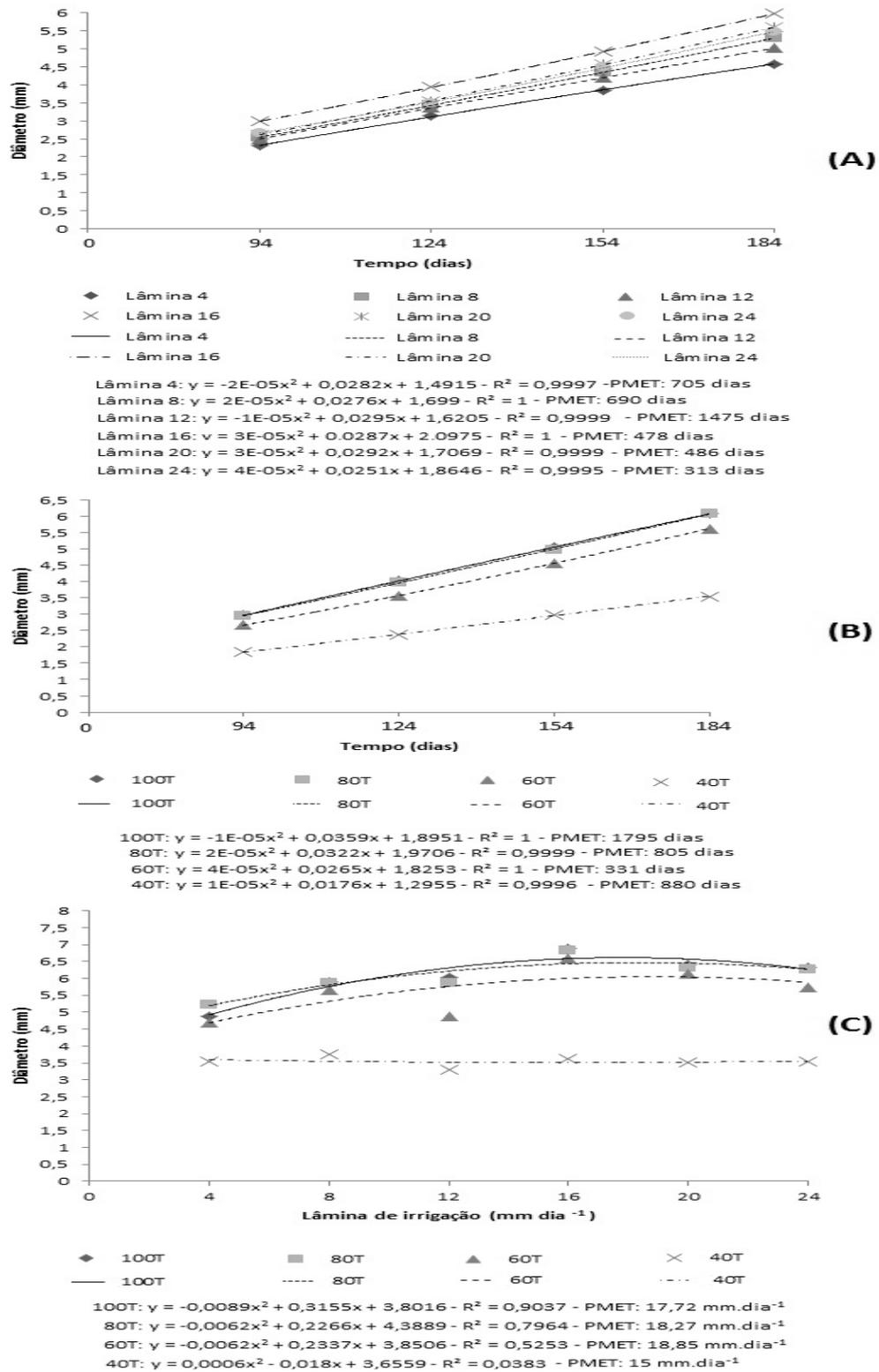


Figura 12 – Diâmetro do coleto (mm) de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

3.4.2.3 Relação Altura/Diâmetro do coleto (H/DC)

Com base na análise de variância, foram observadas diferenças estatísticas entre as variáveis lâminas de irrigação, substrato e tempo de medição, tendo esses três fatores influenciados significativamente na relação altura/diâmetro do coleto (H/DC).

Para a espécie em estudo, foi observado baixo coeficiente de determinação para todas as lâminas testadas. A evolução da relação H/DC das mudas de açoita-cavalo em função do substrato apresentaram, aos 94 DAS, H/DC superior a 5,0 apenas para o tratamento 100T (Figura 13 (A)).

A partir dos 124 DAS, as mudas produzidas em todos os substratos testados apresentaram H/DC superior a 5,0. Porém, como observado para a variável lâmina de irrigação, para o substrato 40T (Figura 13 (B)) foram observados elevados valores desse parâmetro, em comparação com os demais substratos, possivelmente, essas mudas poderão tombar com o vento, devido ao diâmetro do coleto da muda ser muito inferior em relação a sua altura.

Ao término das medições, aos 184 DAS (Figura 13 (C)), foi observada baixa correlação do parâmetro relação H/DC com lâminas de irrigação e substratos. Entretanto, a combinação da lâmina de 4 mm.dia⁻¹ com o substrato 40T apresentou um elevado valor dessa relação (6,8) quando comparado aos demais valores, ou seja, esses resultados corroboram os obtidos para as variáveis lâminas de irrigação e substrato, ambas em função do tempo.

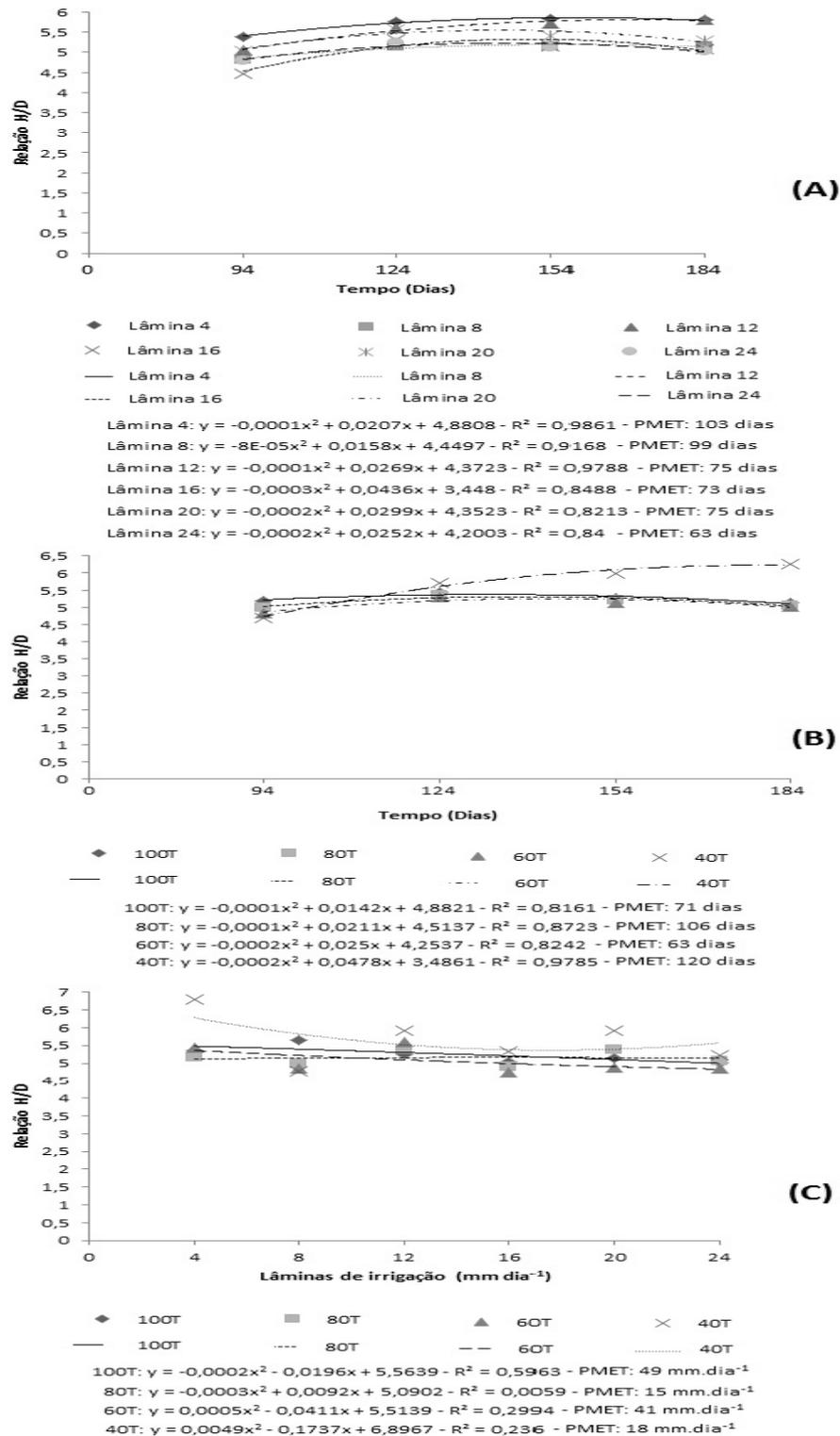


Figura 13 – Relação H/DC de mudas de *Luehea divaricata*, (A) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS) em função das lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia^{-1} , (B) aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e (C) aos 184 DAS em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas e substratos testados. Com respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

3.4.3 Acúmulo de Massa Seca

Não houve diferença significativa para a variável massa seca aérea (MSA) em interação lâmina de irrigação e substratos. Entretanto, quando analisadas separadamente, lâminas de irrigação e substratos apresentaram diferença significativa na produção de biomassa.

A análise de regressão aplicada para a variável lâmina de irrigação (Figura 14 (A)) demonstra que aos 184 DAS, as mudas produzidas nas lâminas de 12 e 16 mm.dia⁻¹ apresentaram maior peso seco da parte aérea, com 4,63 g e 4,39 g, respectivamente, e as mudas avaliadas sob a lâmina de 4 mm diários apresentaram a menor MSA (2,69 g). Portanto, pode-se inferir que as lâminas de 12 e 16 mm.dia⁻¹ tornam-se adequadas para a espécie em estudo, como comprovam os resultados morfológicos.

Para a variável substrato, aos 184 dias após o início das medições, o elevado coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$), confirma que os substratos 100T e 80T apresentaram maior massa seca aérea, 4,92 e 4,57, respectivamente (Figura 14 (B)). Entretanto, à medida que aumenta a proporção de casca de arroz carbonizada, menor foi a MSA das mudas.

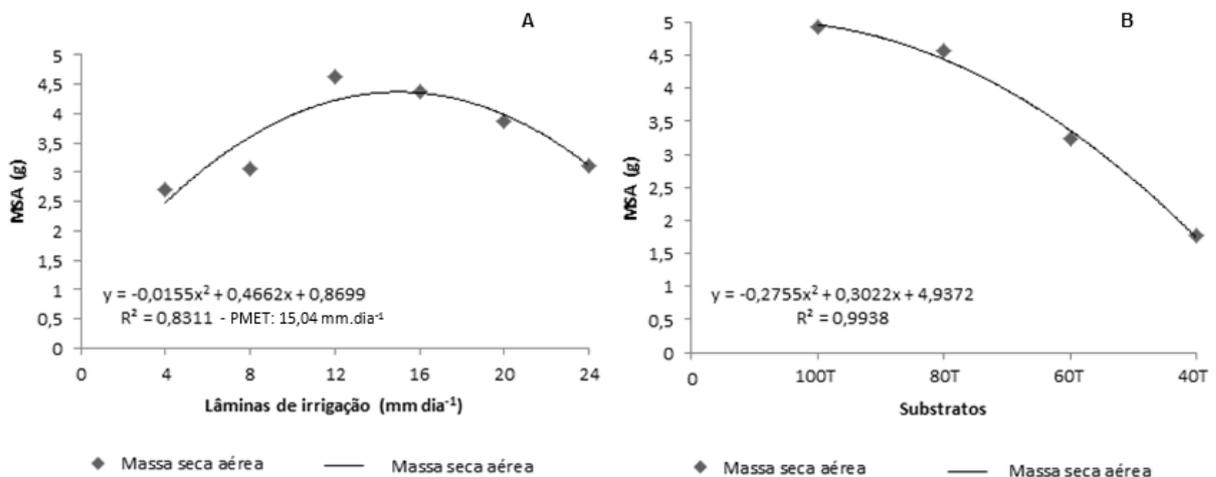


Figura 14 – Massa seca aérea (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, (A) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e (B) diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

Na avaliação da variável massa seca radicular (MSR) não houve diferenças significativas na interação lâmina de irrigação e substratos. Entretanto, analisado separadamente, as lâminas de irrigação não influenciaram na MSR das mudas de *Luehea divaricata*, diferentemente dos substratos, que apresentaram elevada diferença estatística entre os substratos testados.

Com relação ao substrato (Figura 15), houve elevada correlação com a biomassa radicular, sendo que o substrato 100T proporcionou os maiores valores (5,17 g), seguido do substrato 80T (4,74 g). Ainda, observa-se a baixa massa seca das raízes das mudas de açoita-cavalo quando submetidas ao substrato 40T (1,63 g), evidenciando que para a espécie em estudo, são indicados substratos que apresentem boa retenção de água e densidade.

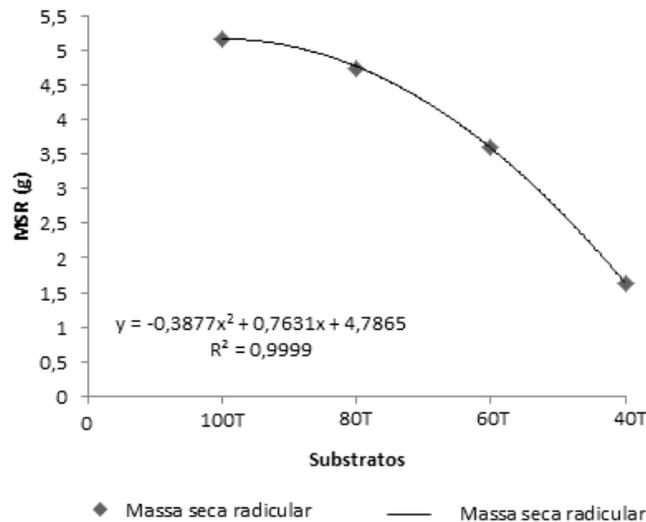


Figura 15 – Massa seca radicular (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R^2).

Assim como observado para MSA e MSR, para a variável massa seca total (MST) não foram observadas diferenças significativas para a interação lâminas de irrigação e substratos. Porém, ao serem analisadas separadamente, foi observado que as lâminas de irrigação não influenciam na MST das mudas de *Luehea divaricata*, diferenciando dos substratos, que apresentaram diferença estatística entre si.

O substrato revelou-se altamente correlacionado à MST. Além disso, os substratos 100T e 80T condicionaram maior acúmulo de biomassa (10,09 g e 9,31 g), sendo que essa variável foi reduzindo à medida que se aumentou a dose de casca de arroz carbonizada, aos 184 DAS (Figura 16).

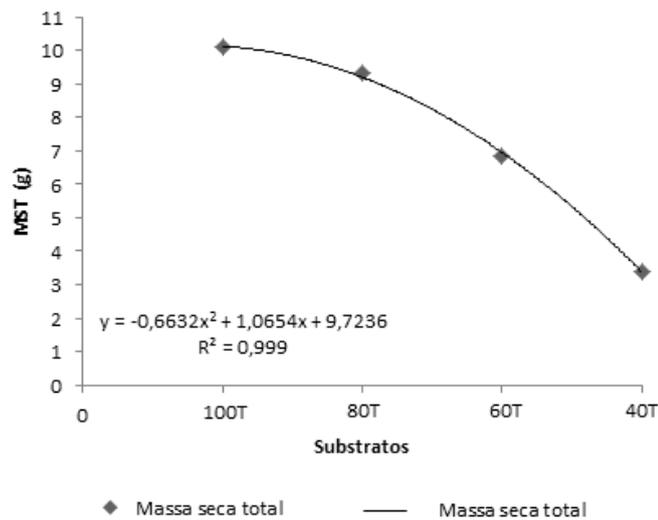


Figura 16 – Massa seca total (g) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R^2).

3.4.4 Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

Não foram encontradas diferenças significativas na variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para a interação lâmina de irrigação e substrato. Além disso, as lâminas aplicadas não diferiram estatisticamente entre si, distinguindo dos substratos avaliados, que apresentaram importância estatística significativa quando comparados separadamente, ou seja, o IQD não é dependente da combinação desses dois fatores, mas apenas do substrato.

Quando relacionada em função do substrato, para a variável IQD, foram encontradas diferenças estatísticas, sendo os substratos 100T e 80T os que proporcionaram os maiores valores desse índice, com 1,66 e 1,55, respectivamente (Figura 17).

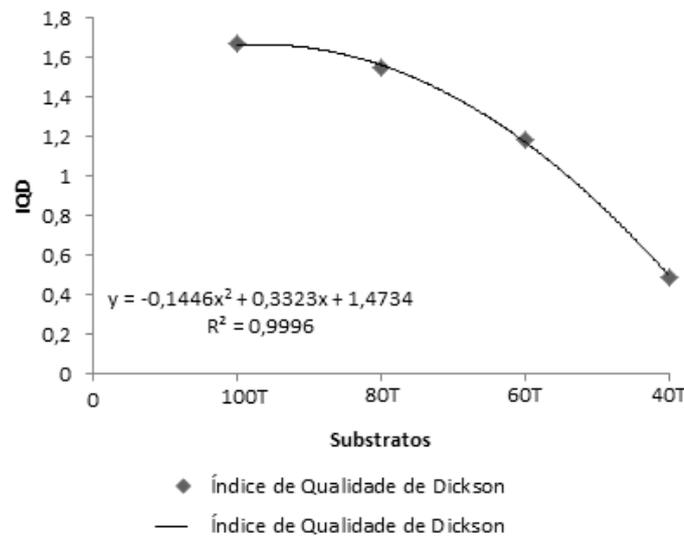


Figura 17 – Índice de Qualidade de Dickson de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R^2).

3.4.5 Área foliar (AF)

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre lâmina de irrigação e substratos para a variável área foliar (AF). A análise de regressão aplicada para a variável lâmina de irrigação demonstra que, ao término das avaliações, foram verificadas para as mudas produzidas no substrato 100T e submetidas à lâmina de $16 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$, os maiores valores para o parâmetro área foliar ($757,73 \text{ cm}^2$), diferenciando significativamente do substrato 40T, que nessa mesma lâmina e período, obteve uma área foliar de $169,89 \text{ cm}^2$, podendo-se afirmar que os maiores valores foram obtidos com a mesma intensidade hídrica e substrato (Figura 18), para ambas as variáveis.

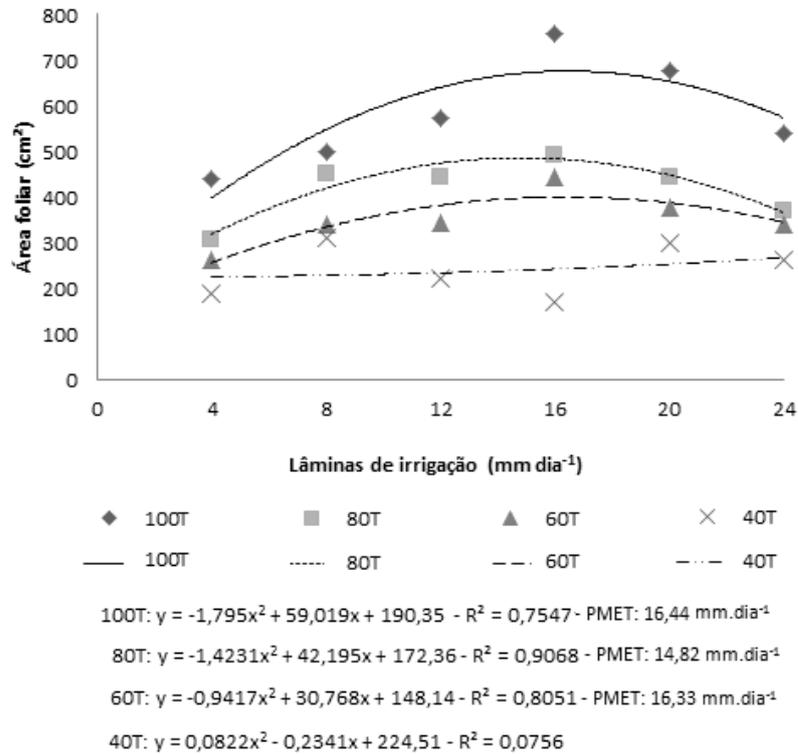


Figura 18 – Área foliar das mudas (cm²) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função das diferentes lâminas de irrigação avaliadas, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, e substratos testados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²), e ponto de máxima eficiência técnica (PMET).

3.5 Discussão

As lâminas de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹ em combinação com todos os substratos avaliados (à exceção do substrato 40T), proporcionaram uma elevada sobrevivência, superior ao indicado por Lopes (2004), que descreve que perdas nas fases de crescimento e rustificação deveriam ser de no máximo 5%. Em pesquisa desenvolvida pela autora e grupo de pesquisa, que avaliou a sobrevivência de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes lâminas de irrigação e substratos, foi verificado que a sobrevivência foi fortemente influenciada pelo regime hídrico, onde as lâminas brutas de 6, 8 e 10 mm.dia⁻¹ proporcionaram a maior mortalidade dessas mudas, acima de 49%, enquanto que a lâmina de 14 mm.dia⁻¹ garantiu 98% de sobrevivência das mudas em todos os substratos (LOPES et al., 2005).

Para a espécie em estudo, aos 124 dias após a semeadura, as mudas produzidas na lâmina de 16 mm.dia⁻¹ estavam com altura superior a 20 cm, sendo essa a altura mínima indicada para plantio por Carneiro (1995) e Gonçalves et al. (2000). A partir dos 154 DAS, as mudas submetidas em todas as lâminas estavam aptas para o plantio a campo. Gonçalves et al. (2000) também estabelece padrão de mudas recomendadas para plantio, aquelas com diâmetro do coleto superior a 5 mm; dessa maneira, pode-se afirmar que, com exceção da lâmina de 4 mm.dia⁻¹, todas as demais lâminas de irrigação proporcionaram um incremento em diâmetro do coleto superior a 5 mm, aos 184 dias após a semeadura.

Na avaliação dos parâmetros altura e diâmetro, Lopes et al. (2007), observou que, aos 108 dias após a semeadura, a lâmina de 14 mm.dia⁻¹ produzidas com substrato constituído de casca de pinus, carvão, turfa e vermiculita, proporcionaram o maior crescimento em altura e diâmetro, com aproximadamente 35 cm e 2,71 mm, respectivamente, sendo indicado para o desenvolvimento ótimo do *E. grandis*, demonstrando a semelhança de necessidade hídrica, quando comparada com a espécie em estudo. Ainda, em estudos com *E. grandis*, Sasse et al. (1996) encontraram diferenças significativas nos diâmetros das mudas submetidas a manejos hídricos diferenciados, sendo que quanto maior o estresse aplicado, menor o crescimento em diâmetro das mudas.

Ao analisarem diferentes combinações de substratos à base de composto de resíduo urbano com turfa, casca de arroz carbonizada e solo mineral em mudas produzidas em viveiro, Backes e Kämpf (1991) verificaram o melhor desenvolvimento de *Pilea cadierei* L. em misturas de composto de lixo urbano e turfa, com altura média de 24,13 cm aos 70 dias de cultivo, sendo que entre os materiais testados, a turfa destacou-se como o único capaz de corrigir, simultaneamente, a alcalinidade e a salinidade do composto de resíduo urbano. Os autores ressaltam características positivas dessa combinação, como a retenção de água, densidade, capacidade de troca de cátions e elevado teor de nutrientes.

Comparativo com estudos relatados por Kämpf; Takane e Siqueira (2006), a condutividade elétrica encontrada nos substratos 100T e 80T foram superiores a 60T e 40T, com isso, pode-se inferir que os maiores teores de salinidade podem ter proporcionado uma melhor condição de desenvolvimento das mudas nos substratos com maior proporção de turfa, os quais, possivelmente, tenham mantido os nutrientes por maior tempo, favorecendo o desenvolvimento das mudas.

Em trabalhos relacionados com diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Lopes et al. (2005) observaram, para a relação H/DC, o aumento desse parâmetro à medida que aumentava a lâmina de irrigação, em proporções constantes até 12 mm.dia⁻¹ (11,1), a partir de então, o aumento na relação H/DC ocorreu em índices menores, alcançando 11,91 com a lâmina de 14 mm.dia⁻¹.

No presente estudo, a espécie *Luehea divaricata* demonstrou comportamento diferente do observado para *E. grandis*, onde foi observado baixo coeficiente de determinação para os tratamentos submetidos aos substratos 80T, 60T e 40T ($R^2 < 0,30$). Além disso, a combinação da lâmina de 4 mm.dia⁻¹ com o substrato 40T apresentou elevada relação (6,8) quando comparado aos demais tratamentos, podendo-se afirmar que mudas produzidas nessas condições não estão aptas para plantio a campo, aos 184 dias após a semeadura.

Para a variável massa seca aérea (MSA), Bernardino et al. (2005), em estudos relacionados ao crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em resposta à saturação por bases do substrato, verificaram que o peso de matéria seca da parte aérea foi influenciado positivamente pela elevação da

saturação por bases em dois latossolos. Isso também pode explicar o melhor desenvolvimento das mudas de *Luehea divaricata* nos substratos 100T e 80T, sendo que nesses, a condutividade elétrica foi maior (0,5385 e 0,4085 dS/m, respectivamente) (Tabela 2).

Ainda, para a variável MSA, Lopes et al. (2007) verificaram que o incremento de matéria seca ocorreu conforme o aumento da lâmina, sendo que a MSA em substrato composto por casca de pinus, carvão, turfa e vermiculita (1,18 g) foi praticamente equivalente àquela obtida em casca de pinus e vermiculita (1,17 g) sob a lâmina de 14 mm.dia⁻¹. O mesmo foi observado para o parâmetro massa seca radicular (MSR), o qual apresentou um aumento gradativo, à medida que a lâmina de irrigação foi maior, alcançando 0,53 g para ambos os substratos.

Em mudas de *Luehea divaricata*, foi observado que a sobrevivência foi consideravelmente maior quanto mais abundante foi a massa seca radicular, corroborando com Hermann et al. (1992), que ressalta que o peso de matéria seca das raízes possui influência na sobrevivência e estabelecimento das mudas no campo, sendo reconhecido como um dos melhores e mais importantes parâmetros no estudo de produção de mudas.

Estudos relatados por Hunt (1990) ressaltam que o valor mínimo recomendado para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas produzidas em tubetes de 50 e 60 cm³ deve ser de, aproximadamente, 0,20. Entretanto, para recipientes maiores não existe recomendações. Farias (2006) encontrou, para *Luehea divaricata* produzidas em substrato Plantmax[®] agrícola e tubetes de 180 cm³, IQD de 0,13 a 0,20, resultados bem menores do que o encontrado no presente estudo, o que pode ter acontecido devido às mudas estarem menos desenvolvidas, com altura e diâmetro de, no máximo, 15 cm e 3,6 mm, respectivamente.

Em relação à área foliar (AF), Nascimento et al. (2011) analisaram o crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo, onde verificaram que o estresse aplicado foi suficiente para causar alterações significativas na área foliar das mudas, sendo que o tratamento 100% da capacidade de campo (CP) proporcionou a maior média de área foliar com 758,6 cm², enquanto os tratamentos 75% e 50% da CP tiveram comportamento intermediário e não se diferenciaram dos demais tratamentos. Já o tratamento 25%

da CP teve sua área foliar reduzida em 70,1%, quando comparado ao tratamento 100% da CP.

Essa diminuição na AF em mudas submetidas a estresse hídrico também pode ser explicado por Figuerôa et al. (2004) que afirmam que a umidade relativa do ambiente é que determina a área foliar de uma planta, sendo maior em ambientes úmidos e menores em ambientes áridos. Essa característica é uma importante ferramenta no controle da perda excessiva de água, e a diminuição da área foliar está entre as várias características xeromórficas identificadas em vegetais sob déficit hídrico (VILLAGRA; CAVAGNARO, 2006).

Entretanto, pode-se observar que a menor retenção de água no substrato mais poroso, explicam tal situação e confirmam a menor área foliar na menor irrigação. Ainda, Kozłowski et al. (1991) descreveram que um dos efeitos mais drásticos do estresse hídrico é a redução na área foliar, levando a um decréscimo na fotossíntese e, conseqüentemente, no crescimento.

3.6 Conclusão

A sobrevivência das mudas de *Luehea divaricata*, independente da lâmina de irrigação e substratos utilizados, foi considerada elevada, aos 184 dias após a semeadura, obtendo valores superiores a 93%.

Além disso, a lâmina de 16 mm.dia⁻¹, juntamente com o substrato composto por 100% turfa, proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas, aos 184 dias após o início a semeadura, podendo-se alternativamente utilizar 80% turfa e 20% de casca de arroz carbonizada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se diferença na necessidade hídrica de ambas as espécies estudadas, assim como o comportamento das características morfológicas e acúmulo de biomassa. Assim, a Tabela 4 demonstra uma comparação dos parâmetros morfológicos e acúmulo de massa seca e área foliar para as espécies *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*, evidenciando as características mais afetadas pelas diferentes lâminas de irrigação e substratos avaliados.

(continua)

Tabela 4 – Comparação das características morfológicas (altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC)), acúmulo de massa seca (massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST)), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das espécies *Parapiptadenia rigida* e *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura. Santa Maria, UFSM.

Parâmetros	<i>Parapiptadenia rigida</i>	<i>Luehea divaricata</i>
H	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 80T	Combinação recomendada: 16 mm.dia ⁻¹ x 100 T ou 80T
DC	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 80T	Combinação recomendada: 16 mm.dia ⁻¹ x 100 T ou 80T
H/DC	Parâmetro não foi um bom indicativo para a seleção da lâmina d'água e substrato ideal.	Parâmetro não foi um bom indicativo para a seleção da lâmina d'água e substrato ideal.
MAS	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 100T ou 80T	Combinação recomendada: 16 mm.dia ⁻¹ x 80T
MSR	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 100T ou 80T	As lâminas de irrigação não foram significativas nesse parâmetro. Substrato recomendado: 80T

(conclusão)

MST	Combinação apropriada: 4 mm.dia ⁻¹ x 100T ou 80T	As lâminas de irrigação não foram significativas nesse parâmetro. Substrato recomendado: 100T
IQD	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 100T	As lâminas de irrigação não foram significativas nesse parâmetro. Substrato recomendado: 100T
AF	Combinação recomendada: 4 mm.dia ⁻¹ x 80T	Combinação recomendada: 16 mm.dia ⁻¹ x 100T

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada).

Com base na Tabela 1, observa-se, para a espécie *Parapiptadenia rigida*, que a combinação da lâmina de 4 mm.dia⁻¹ juntamente com o substrato composto por 100% turfa e/ou 80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada pode ser indicada para o desenvolvimento adequado dessa espécie. No presente estudo, para o angico-vermelho, apenas a relação altura/diâmetro do coleto não foi eficiente na escolha adequada da lâmina de irrigação e substratos avaliados.

Para a *Luehea divaricata*, recomenda-se a lâmina de 16 mm.dia⁻¹ em combinação com o substrato composto por 100% turfa e/ou 80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada. Entretanto, a relação H/DC, bem como as massas secas radicular e total, e o índice de qualidade de Dickson não foram decisivos na seleção da melhor lâmina d'água a ser utilizada para essa espécie.

Além disso, devido os substratos 100T e 80T terem sido similares para ambas as espécies, o tratamento 80T (80% turfa e 20% casca de arroz carbonizada) pode ser recomendado, afim de economia dos insumos.

Esses resultados corroboram o que foi descrito por Carvalho (2003) e Crestana (2006), ao se referirem ao habitat de cada espécie, que recomenda para o angico-vermelho, ambientes com baixa umidade, diferenciando da açoita-cavalo, recomendando essa espécie para plantio de matas ciliares e recomposição de áreas de preservação permanente, podendo suportar elevada umidade.

Contudo, esses resultados permitem gerar a hipótese de que espécies, de ocorrência natural em ambientes úmidos, necessitam de maior quantidade de água, quando produzidas em viveiro. Outro fato a ser destacado, é que a açoita-cavalo, sendo uma espécie nativa, demanda elevados níveis de água, mesmo quando comparado com espécies exóticas de rápido crescimento, como o *Eucalyptus grandis* (*sensu* LOPES et al., 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. B.; et al. Efeitos da composição do substrato para tubetes no comportamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden no viveiro e no campo. **Circular Técnica**. Piracicaba, IPEF, v. 180, p. 1-8, 1992.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 90p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2003.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul**. Guia de Identificação & Interesse Ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras. Santa Cruz do Sul. Instituto Sousa Cruz, 2002.

BACKES, M. A.; KÄMPF, A. N. Substrato à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 26, n. 5, p. 753-758. Brasília, 1991.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal**. Jaboticabal: Funep, 2004.

BERNARDINO, D. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8a ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BRAGA, E.A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch, em tubetes**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995. 451p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003, v.1, 1039p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 3, 2008. 593p.

CONCEIÇÃO, M.A.F. **Irrigação de fruteiras por microaspersão**. Jales, Embrapa Uva e Vinho, 2004. 16p. (Circular Técnica, 49)

COUILLARD, D. **Peat. Wat Res.**, v 28, n.12, pp.61-70, 1994.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 142p. (Bulletin, 670).

CRESTANA, M. S. M. Florestas – Sistemas de Recuperação com Essências Nativas, Produção de Mudanças e Legislações. 2ª ed. (atualizada), 248p. 2006.

DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. Sementes florestais. In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 1 ed., 2008. cap 1, p. 11-82.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, (IF. Série Registros, 4), 14p., 1990.

FAO. **State of the World's Forests**. Rome, Food and Agriculture of United Nations, 2011. 164 p.

FARIAS, J. A. **Contribuição para a silvicultura de *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini (Açoita cavalo)**. Dissertação de mestrado, Santa Maria, RS, Brasil, 2006.

FERMINO, M. A. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C.. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas. Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37 (Documentos IAC, 70).

FERREIRA, C. A. G.; et al.. Relações Hídricas em Mudanças de *Eucalyptus citriodora* Hook. em Tubetes, Aclimatadas por Tratamentos Hídricos. **Revista Cerne**, v.05, n 02, p. 95-104, 1999.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FERRETTI, A. R. et al.; Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-84, 1995.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, n.3, p.573-580, 2004.

FISCHER, P. Kultursubstrate. In: HORN, W. (ed.) **Zierpflanzenbau**. Berlin: Blackwell Wissenschafts, 1996. p.140-149.

FONSECA, E. P. et al.. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, p.515-523, 2002.

FREITAG, A. S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro**. 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2007.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico para reflorestamento de regiões tropicais e subtropicais**: método utilizado. Brasília, DF: IBDF : FAO, 1978. 13 p. (PRODEPEF. Divulgação, 14). Publicação não comercial. Mimeografado.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

GONÇALVES, A. J. Substrato para produção de mudas de plantas ornamentais: In: MINAMI, K. (Ed.) **Produção de mudas de alta qualidade na horticultura**. São Paulo, p. 107-115. 1996.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

HERMANN, D.F.; DUKE, H.R.; SERAFIM, A.M.; DAWSON, L.L. **Distribution functions to represent centerpivot water distribution**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.35, n.5, p.1465-1472, 1992.

HOPPE, J. M. et al., **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático, n. 1, 2ª ed. Santa Maria, 388p., 2004.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: **Target Seedling Symposium, Meeting Of The Western Forest Nursery Associations**, General Technical Report RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

JABUR, M. A.; MARTINS, A. B. G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: limoeiro-Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e tangerineira-Cleópatra (*Citrus reshni* Hort. Ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2002, vol.24, n.2, pp. 514-518.

KAGEYAMA, P. Y., CASTRO, C. F. A. **Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas**. São Paulo: IPEF, Série IPEF, n.41/42, p.83-93. 1989.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 254 p.

KÄMPF, A.; JUNG, M. The use carbonized rize hulls asan horticultural substrate. **Acta Horticulture**. v. 294, p. 271-281. 1991.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. *Floricultura: técnicas de preparo de substratos*. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. 132 p.

KLAR, A.E. **Irrigação**: freqüência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156p.

KLEIN, R.M. Sugestões e dados ecológicos de algumas árvores nativas próprias a serem empregadas no reflorestamento norte e oeste paranaense. In: SIMPÓSIO DE REFLORESTAMENTO DA REGIÃO DA ARAUCÁRIA, 1., 1963, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1965. p.157-174.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. 1991. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego, Academic Press.

KYSIOL, J. Effect of Physical Properties and Cation Exchange Capacity on Sorption of Heavy Metals onto peats. **Polish Journal of Environmental Studies**.v.11, n. 6, pp. 713-718, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A. São Carlos: Rima. 531p. 2006.

LONGHI, S. J. **Livro das árvores**: árvores e arvoretas do sul. Porto Alegre: L & PM, 1995. 174p.

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

LOPES, J. L. W., GUERRINI, I. A., SAAD, J. C. C.. Efeitos de lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill Ex. Maiden) em substrato de fibra de coco. **Revista Irriga**. v.10, n. 2, 2005.

LOPES, J. L. W., GUERRINI, I. A., SAAD, J. C. C., SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**. n. 68, p.97-106, 2005.

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**. v.31, n.5, pp. 835-843. 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, v. 2, 1998. 368p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, v.1. 2002, 378 p.

LOVELOCK, C. E. et al. Responses of communities of tropical tree species in water-limited. **Oecologia**, v.116, p.207-218, 1998.

MARCONDES, D. O Brasil tem 12% da água do planeta. Portal ODM – FIEP/SESI/SENAI/IEL, São Paulo, 01 abril 2010. Disponível em: <<http://www.portalodm.com.br/o-brasil-tem-12-da-agua-doce-do-planeta--n--338.html>>. Acesso em: 19 de maio de 2012.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral, Editora UFV. Viçosa, MG. 451p. 2005.

MARTÍNEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A.M.C. et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.53-76. (Documentos IAC, 70)

MARTINS, M.O. **Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 2008.Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Botânica, UFRPE, Recife.

MORENO, J. A., **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 42 p.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. M.C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Rev. Árvore** . vol.35, n.3, suppl.1, pp. 617-626, 2011.

NOBEL, P.S. **Introduction to biophysical plant physiology**. San Francisco, W.H. Freeman, 1974. 488p.

ORTEGA, L. S. **Temperamento de luz de los arboles del alto Paraná y potencial de regeneración forestal**. Assunción, v. 11, n. 1, p. 16-20, 1995.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 149p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo. Série Arborização Urbana 1).

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. Ed. UFLA, 2006. 104 p.

PEDROSO, O.; MATOS, J. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Companhia Rio-Grandense de Artes Gráficas, 1987. 185 p.

PENSAF. Plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais. Brasília: MMA/MAPA/MDA/MCT, 2006. 38 p.

PIMENTEL, C. 2004. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur. 191p.

PINTO, J. R. S., SILVA, M. L., NOGUEIRA, D. T. S., DOMBROSKI, J. L. D., SILVA, A. N.. Diferentes tipos de substratos no desenvolvimento inicial de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Verde**, v.6, n.3, p. 180 – 185, 2011.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo : Manole , 1990. 188p.

REITZ, R.; KLEIN R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí: Sellowia, n. 34-35, p. 1- 525. 1983.

RIO GRANDE DO SUL, **Decreto Estadual nº 47.137, de 30 de março de 2010**. Institui o Programa Estadual de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente – APP's e Reserva Legal, denominado Ambiente Legal, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/dec_47137.html>. Acesso em: jun. 2011.

SALASSIER, B.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 625p.

SARMENTO, M.B.; VILLELA, F.A. Sementes de espécies florestais nativas do Sul do Brasil. **Informativo ABRATES**, v.20, n.1,2, p.39-44, 2010.

SARTORETTO, M. L.; SALDANHA, C. W.; CORDER, M. P. M. Transformação genética: estratégias e aplicações para o melhoramento genético de espécies florestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p. 861-871, 2008.

SASSE, J. et al. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, v.16, p.287-294, 1996.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G.. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Sci. Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, dez. 2010

SCHIMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N.. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SILVA, S. R. S.; et. al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SIQUEIRA, A.C.M.F.; FIGLIOLIA, M.B. Conservação genética, produção e intercâmbio de sementes de espécies tropicais. In: GALVÃO, A.P.M., coord. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1998. p.7-22.

SOBRAL, M. et al., **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Paulo: Rima/Novo Ambiente, 2006. 350 p.

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

TANAKA, J. et al. Chemical constituents of *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae). **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 834 – 837, 2005.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no Município de Santa Tereza-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-18, 1999.

VILELA, E. A. et al.. Espécies de matas ciliares com potencial para estudos de revegetação no alto Rio Grande, sul de Minas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n.2, p. 117-128, 1993.

VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alata*. **Journal of Arid Environments**, v.64, p.390-400, 2006.

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

WINTER, E. G., **Efeitos no crescimento e desenvolvimento - A Água, o solo e a planta**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 115 p.

ANEXOS

Anexo 1 – Dados meteorológicos de precipitação (mm), na cidade de Santa Maria, durante o ano de 2011 (INMET, 2011).



Anexo 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC de mudas *Parapiptadenia rigida*. Santa Maria, UFSM.

F.V.	G.L.	Altura	Diâmetro	Relação H/DC
Bloco	3	0,0014*	0,0000*	0,0000*
Substrato	3	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Lâmina	5	0,0000*	0,0000*	0,0013*
Substrato*Lâmina	15	0,4312*	0,1682 ^{ns}	0,6869 ^{ns}
Erro 1	69			
Tempo	3	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Erro 2	9			
Substrato*Tempo	9	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Lâmina*Tempo	15	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Substrato*Lâmina*Tempo	45	0,0002*	0,0052*	0,0000*
Erro 3	3279			
Total corrigido	3455			
C.V. 1 (%)		59,61	47,45	53,18
C.V. 2 (%)		52,41	69,14	48,63
C.V. 3 (%)		15,86	14,57	15,01
Média		15,3466609	2,4446759	6,1729398
Nº. Observações		3456	3456	3456

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e Área foliar (AF) de mudas *Parapiptadenia rigida*. Santa Maria, UFSM.

F.V.	G.L.	MSA	MSR	MST	IQD	AF
Bloco	3	0,0009*	0,2704 ^{ns}	0,0232*	0,0083*	0,0077*
Lâmina	5	0,0012*	0,0149*	0,0014*	0,0005*	0,0001*
Erro 1	15					
Substrato	3	0,0030*	0,0114*	0,0023*	0,0266*	0,0000*
Erro 2	9					
Lâmina*Substrato	15	0,2573 ^{ns}	0,2834 ^{ns}	0,2454 ^{ns}	0,1351 ^{ns}	0,0001*
Erro 3	45					
Total corrigido	95					
C.V. 1 (%)		33,07	42,55	32,63	29,54	22,24
C.V. 2 (%)		29,92	43,61	30,59	36,98	16,18
C.V. 3 (%)		39,92	48,48	40,45	42,09	13,33
Média		2,9610	1,6076	4,5686	0,5026	174,0188
Nº. Observações		96	96	96	96	96

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 4 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	9,31	8,86	9,07	8,74	8,76	8,92
124	14,07	13,08	12,65	12,86	12,16	12,70
154	21,04	17,00	16,98	16,95	16,44	17,07
184	25,65	20,90	21,45	20,89	21,36	21,41

Anexo 5 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	9,28	10,13	8,80	7,57
124	13,34	15,16	12,78	10,40
154	19,09	20,49	17,15	13,59
184	23,98	25,68	21,25	16,87

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 6 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	29,28	23,35	21,75	23,26	22,96	23,28
80T	29,86	24,43	24,72	24,56	25,85	24,64
60T	23,67	20,77	20,74	19,06	20,89	22,37
40T	19,78	15,05	18,61	16,67	15,72	15,36

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 7 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	1,67	1,81	1,78	1,77	1,57	1,77
124	2,30	2,28	2,30	2,24	2,03	2,20
154	3,16	2,77	2,67	2,65	2,39	2,88
184	3,54	3,07	2,96	2,95	2,75	3,18

Anexo 8 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	1,78	1,85	1,74	1,55
124	2,33	2,40	2,20	1,96
154	2,95	2,99	2,69	2,39
184	3,30	3,34	3,02	2,65

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 9 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	3,86	3,21	3,15	3,08	2,84	3,49
80T	4,00	3,28	3,17	3,10	2,99	3,51
60T	3,37	3,19	2,81	2,89	2,71	3,12
40T	2,77	2,62	2,72	2,72	2,45	2,61

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 10 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	5,54	4,92	5,13	5,00	5,70	5,04
124	6,14	5,77	5,55	5,77	6,11	5,80
154	6,74	6,18	6,40	6,43	6,92	5,94
184	7,31	6,85	7,30	7,11	7,78	6,76

Anexo 11 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	5,26	5,54	5,13	4,95
124	5,82	6,38	5,89	5,34
154	6,59	6,95	6,45	5,74
184	7,39	7,79	7,14	6,43

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 12 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	7,20	7,35	7,04	7,62	8,11	6,77
80T	7,56	7,51	7,86	7,94	8,75	7,14
60T	7,07	6,66	7,43	6,68	7,76	7,21
40T	7,20	5,87	6,89	6,19	6,49	5,93

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 13 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
4	4,00	2,03	6,03	0,64
8	3,38	2,02	5,39	0,62
12	2,17	1,2	3,37	0,37
16	2,46	1,35	3,81	0,42
20	2,81	1,61	4,42	0,46
24	2,95	1,43	4,38	0,49

Anexo 14 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes proporções de substratos.

Substrato	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
100T	3,35	1,86	5,21	0,57
80T	3,35	1,85	5,20	0,54
60T	3,01	1,63	4,65	0,52
40T	2,13	1,08	3,21	0,38

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 15 – Valores médios de área foliar de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	224,88	211,83	209,36	197,18	159,71	126,99
80T	299,72	271,90	226,95	211,09	189,86	158,68
60T	213,11	147,92	154,15	177,24	142,89	124,50
40T	162,11	107,31	88,59	138,93	126,64	104,87

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

(continua)

Anexo 16 - Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação					
	4	8	12	16	20	24
H (cm)						
100T	29,28	23,35	21,75	23,26	22,96	23,28
80T	29,86	24,43	24,72	24,56	25,85	24,64
60T	23,67	20,77	20,74	19,06	20,89	22,37
40T	19,78	15,05	18,61	16,67	15,73	15,36
DC (mm)						
100T	3,86	3,20	3,15	3,08	2,84	3,49
80T	4,00	3,28	3,17	3,10	2,99	3,51
60T	3,37	3,19	2,81	2,89	2,71	3,12
40T	2,77	2,62	2,72	2,72	2,45	2,61
H/DC						
100T	7,20	7,36	7,04	7,62	8,11	6,77
80T	7,56	7,51	7,86	7,95	8,75	7,14
60T	7,08	6,66	7,43	6,68	7,76	7,21
40T	7,20	5,88	6,89	6,19	6,50	5,94
MSA (g)						
100T	5,38	3,32	2,80	2,39	3,01	3,21
80T	5,12	4,00	2,45	2,36	2,84	3,33
60T	3,15	3,56	1,61	2,66	3,22	3,89
40T	2,37	2,63	1,81	2,42	2,17	1,38
MSR (g)						
100T	2,97	2,11	1,50	1,59	1,44	1,58
80T	2,51	2,39	1,21	1,03	1,89	2,11
60T	1,49	2,24	0,93	1,50	2,08	1,57
40T	1,14	1,33	1,17	1,30	1,05	0,48
MST (g)						
100T	8,35	5,43	4,30	3,98	4,45	4,79
80T	7,63	6,39	3,66	3,39	4,74	5,44
60T	4,64	5,80	2,54	4,16	5,30	5,46
40T	3,51	3,97	2,98	3,72	3,22	1,85
IQD						
100T	0,93	0,59	0,50	0,42	0,42	0,56
80T	0,76	0,69	0,37	0,32	0,47	0,63
60T	0,51	0,72	0,28	0,48	0,57	0,56
40T	0,37	0,50	0,35	0,46	0,37	0,21

(conclusão)

AF (cm ²)	4	8	12	16	20	24
100T	224,88	211,83	209,37	197,19	159,71	127,00
80T	299,72	271,91	226,96	211,09	189,86	158,68
60T	213,11	147,92	154,16	177,24	142,89	124,51
40T	162,11	107,31	88,59	138,93	126,64	104,87

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 17 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC de mudas *Luehea divaricata*. Santa Maria, UFSM.

F.V.	G.L.	Altura	Diâmetro	Relação H/DC
Bloco	3	0,0342*	0,0001*	0,0000*
Substrato	3	0,0000*	0,0000*	0,0228*
Lâmina	5	0,0000*	0,0000*	0,0282*
Substrato*Lâmina	15	0,0001*	0,0197*	0,4165 ^{ns}
Erro 1	69			
Tempo	3	0,0000*	0,0000*	0,0014*
Erro 2	9			
Substrato*Tempo	9	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Lâmina*Tempo	15	0,0000*	0,0000*	0,0081*
Substrato*Lâmina*Tempo	45	0,9716 ^{ns}	0,0002*	0,0093*
Erro 3	3279			
Total corrigido	3455			
C.V. 1 (%)		36,49	51,13	79,83
C.V. 2 (%)		35,88	35,08	37,30
C.V. 3 (%)		12,20	11,89	18,69
Média		20,3031453	3,9491811	5,2823975
Nº. Observações		3456	3456	3456

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(continua)

Anexo 18 – Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e Área foliar (AF) de mudas *Luehea divaricata*. Santa Maria, UFSM.

F.V.	G.L.	MSA	MSR	MST	IQD	AF
Bloco	3	0,8142 ^{ns}	0,6503 ^{ns}	0,9772 ^{ns}	0,9424 ^{ns}	0,0000*
Lâmina	5	0,0201*	0,1291 ^{ns}	0,0525 ^{ns}	0,0878 ^{ns}	0,0047*
Erro 1	15					
Substrato	3	0,0000*	0,0006*	0,0001*	0,0003*	0,0000*
Erro 2	9					

Lâmina*Substrato	15	0,7684 ^{ns}	0,8673 ^{ns}	0,8594 ^{ns}	0,8227 ^{ns}	(conclusão) 0,0062*
Erro 3	45					
Total corrigido	95					
C.V. 1 (%)		44,59	46,16	42,57	46,77	25,49
C.V. 2 (%)		29,82	51,85	38,57	49,65	25,55
C.V. 3 (%)		38,15	48,21	38,99	42,07	18,98
Média		3,6263	3,7864	7,4128	1,2197	397,5818
Nº. Observações		96	96	96	96	96

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 19 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	11,82	12,14	12,49	13,31	12,87	12,74
124	17,12	17,41	18,22	20,47	19,02	18,02
154	21,39	21,89	22,93	24,73	23,80	22,47
184	25,34	26,79	27,72	29,32	28,38	26,88

Anexo 20 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	15,09	14,53	12,53	8,10
124	21,47	20,84	18,26	12,94
154	26,18	25,62	22,85	16,83
184	30,78	30,40	27,50	20,94

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 21 - Valores médios de altura (cm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	26,79	30,60	31,71	33,44	31,65	30,51
80T	27,01	29,26	31,42	32,47	31,39	30,83
60T	25,39	27,68	27,00	29,69	28,53	26,70
40T	22,17	19,63	20,75	21,66	21,93	19,49

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 22 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	2,31	2,54	2,49	2,98	2,61	2,67
124	3,13	3,43	3,37	3,93	3,54	3,49
154	3,84	4,34	4,19	4,92	4,57	4,49
184	4,58	5,30	5,02	5,98	5,59	5,47

Anexo 23 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	2,96	2,95	2,66	1,84
124	4,02	3,97	3,56	2,37
154	5,05	4,98	4,56	2,97
184	6,07	6,06	5,62	3,54

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 24 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	4,89	5,90	6,03	6,88	6,41	6,31
80T	5,22	5,88	5,87	6,83	6,31	6,27
60T	4,69	5,65	4,89	6,59	6,14	5,74
40T	3,53	3,75	3,29	3,61	3,52	3,55

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 25 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

DAS	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
94	5,39	4,83	5,05	4,47	5,04	4,79
124	5,76	5,15	5,59	5,32	5,58	5,25
154	5,83	5,14	5,72	5,15	5,42	5,13
184	5,80	5,15	5,81	5,09	5,29	5,03

Anexo 26 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura (DAS), em função de diferentes proporções de substratos. Santa Maria, UFSM.

DAS	Substrato			
	100T	80T	60T	40T
94	5,19	5,00	4,83	4,69
124	5,43	5,34	5,28	5,72
154	5,26	5,21	5,14	5,98
184	5,12	5,05	5,02	6,26

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 27 - Valores médios de relação altura/diâmetro do coleto de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	5,36	5,65	5,26	5,05	5,15	5,02
80T	5,18	4,99	5,38	4,90	5,38	5,07
60T	5,45	4,85	5,60	4,74	4,89	4,87
40T	6,79	4,77	5,92	5,34	5,91	5,24

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 28 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
4	2,69	2,89	5,58	0,88
8	3,05	3,24	6,29	1,03
12	4,63	4,23	8,86	1,35
16	4,39	3,96	8,35	1,38
20	3,88	4,57	8,45	1,45
24	3,12	3,82	6,94	1,21

Anexo 29 – Massas secas aérea (MSA), radicular (MSR), total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, sob efeito de diferentes proporções de substratos.

Substrato	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
100T	4,92	5,16	10,09	1,66
80T	4,57	4,74	9,31	1,54
60T	3,23	3,60	6,83	1,18
40T	1,78	1,62	3,41	0,48

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

Anexo 30 - Valores médios de área foliar de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substratos	Lâminas de irrigação (mm.dia ⁻¹)					
	4	8	12	16	20	24
100T	438,83	498,39	573,97	757,73	677,31	540,01
80T	306,56	451,41	444,77	492,68	443,64	367,38
60T	260,93	338,01	343,72	441,41	376,71	341,36
40T	187,81	308,24	220,39	169,88	299,95	260,79

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

(continua)

Anexo 31 - Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de mudas de *Luehea divaricata*, aos 184 dias após a semeadura, em função de diferentes proporções de substratos e lâminas de irrigação. Santa Maria, UFSM.

Substrato	Lâminas de irrigação					
	4	8	12	16	20	24
H (cm)						
100T	26,79	30,60	31,71	33,44	31,65	30,51
80T	27,01	29,26	31,42	32,47	31,39	30,83
60T	25,39	27,68	27,00	29,69	28,53	26,70
40T	22,17	19,63	20,75	21,66	21,93	19,49
DC (mm)						
100T	4,89	5,90	6,03	6,88	6,41	6,31
80T	5,22	5,88	5,87	6,83	6,31	6,27
60T	4,69	5,65	4,89	6,59	6,14	5,74
40T	3,53	3,75	3,29	3,61	3,52	3,55
H/DC						
100T	5,50	5,23	5,28	4,88	4,97	4,86
80T	5,20	5,01	5,38	4,77	5,00	4,93
60T	5,51	4,94	5,78	4,52	4,71	4,67
40T	6,99	5,43	6,79	6,19	6,47	5,67
MAS (g)						
100T	3,70	4,41	6,21	5,14	6,06	4,02
80T	2,90	3,95	5,11	5,70	5,09	4,68
60T	3,12	2,50	4,43	3,67	3,31	2,39
40T	1,07	1,35	2,78	3,05	1,05	1,40

(conclusão)

MSR (g)	4	8	12	16	20	24
100T	3,79	4,02	6,24	4,82	6,30	5,85
80T	3,28	5,15	4,35	4,60	6,43	4,66
60T	3,07	2,87	3,92	4,26	4,33	3,19
40T	1,41	0,93	2,42	2,18	1,25	1,59
MST (g)	4	8	12	16	20	24
100T	7,49	8,43	12,44	9,96	12,36	9,86
80T	6,18	9,10	9,45	10,29	11,52	9,34
60T	6,18	5,36	8,35	7,93	7,63	5,58
40T	2,48	2,28	5,20	5,23	2,30	2,99
IQD	4	8	12	16	20	24
100T	1,16	1,32	2,02	1,68	2,04	1,77
80T	1,02	1,57	1,45	1,66	2,01	1,58
60T	0,97	0,93	1,26	1,47	1,42	1,04
40T	0,39	0,32	0,70	0,71	0,31	0,48
AF (cm²)	4	8	12	16	20	24
100T	438,84	498,39	573,97	757,73	677,32	540,01
80T	306,57	451,41	444,77	492,68	443,64	367,39
60T	260,93	338,02	343,73	441,41	376,72	341,37
40T	187,81	308,24	220,40	169,89	299,96	260,79

Em que: 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% casca de arroz carbonizada), 60T (60% turfa 40% casca de arroz carbonizada) e 40T (40% turfa 60% casca de arroz carbonizada).

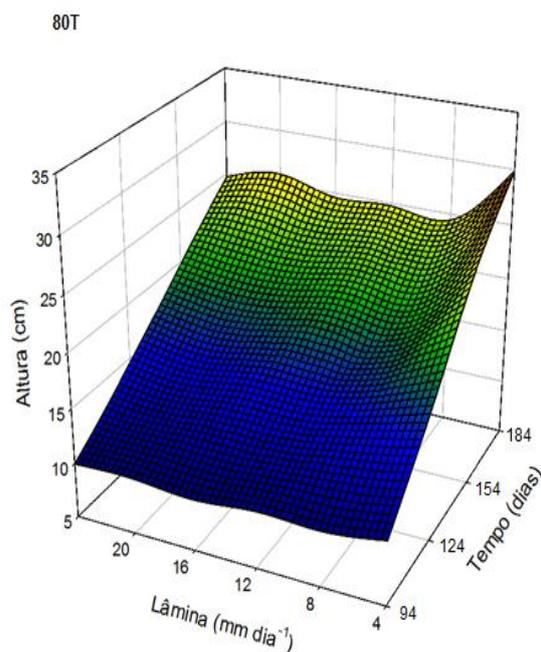
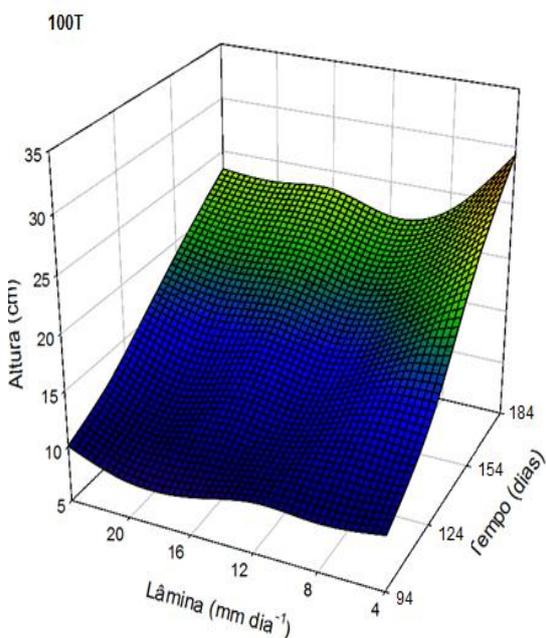
Anexo 32 - Altura das mudas (cm) de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC).

$$H = 8.2832 + 0.1616 \cdot x - 0.6757 \cdot y + 0.0002 \cdot x^2 - 0.0021 \cdot x \cdot y + 0.0254 \cdot y^2$$

R² = 0.8601 e PC = 2 mm dia⁻¹ e 359 dias

$$H = 8.3341 + 0.1866 \cdot x - 0.5708 \cdot y + 4.591E-5 \cdot x^2 - 0.0014 \cdot x \cdot y + 0.0195 \cdot y^2$$

R² = 0.8940

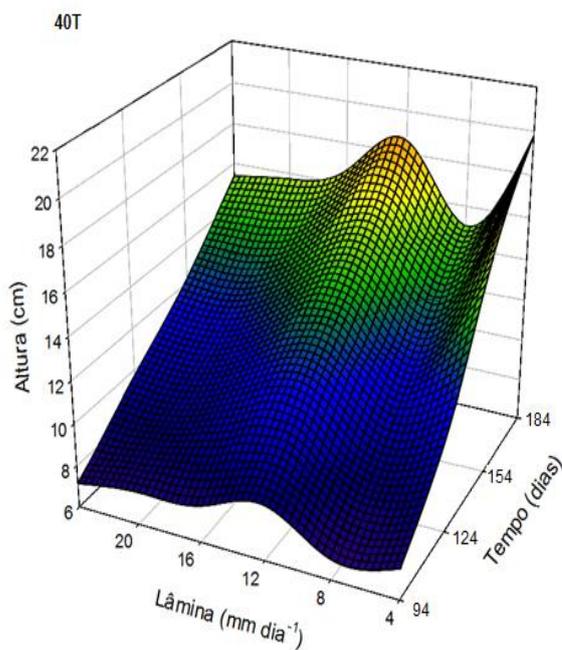
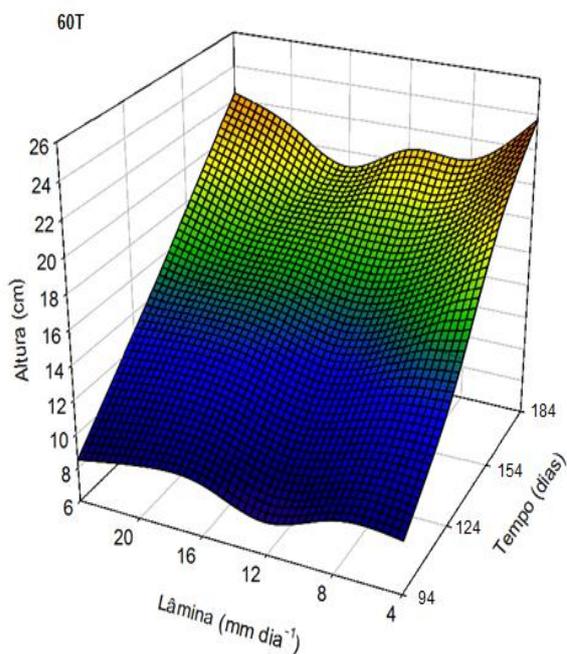


$$H = 7.1521 + 0.1444 \cdot x - 0.4804 \cdot y + 3.1507E-5 \cdot x^2 - 0.0007 \cdot x \cdot y + 0.0176 \cdot y^2$$

R² = 0.8857

$$H = 5.5638 + 0.1036 \cdot x - 0.0876 \cdot y$$

R² = 0.8382



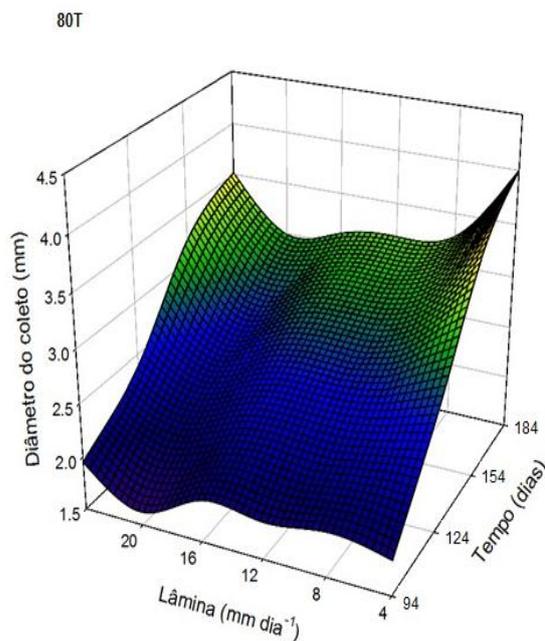
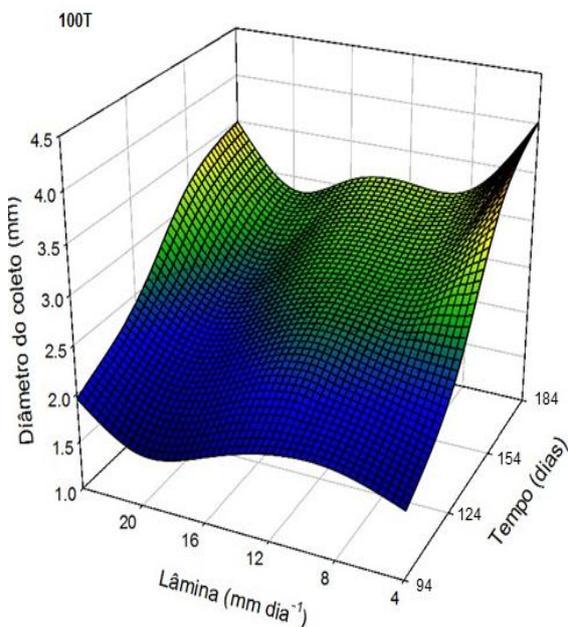
Anexo 33 - Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC).

$$DC = 1.4359 + 0.03 \cdot x - 0.0898 \cdot y - 5.5324E-5 \cdot x^2 - 0.0003 \cdot x \cdot y + 0.0036 \cdot y^2$$

$$R^2 = 0.7456 \text{ e PC} = 22 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 208 \text{ dias}$$

$$DC = 1.6532 + 0.0288 \cdot x - 0.1038 \cdot y - 5.5851E-5 \cdot x^2 - 0.0002 \cdot x \cdot y + 0.0038 \cdot y^2$$

$$R^2 = 0.7630 \text{ e PC} = 21 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 212 \text{ dias}$$

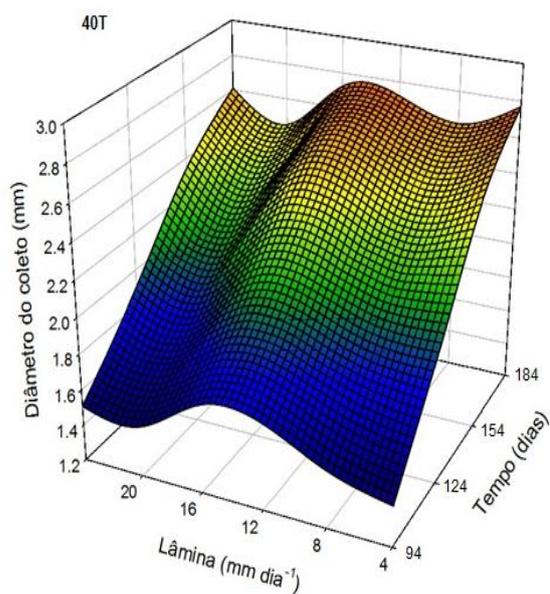
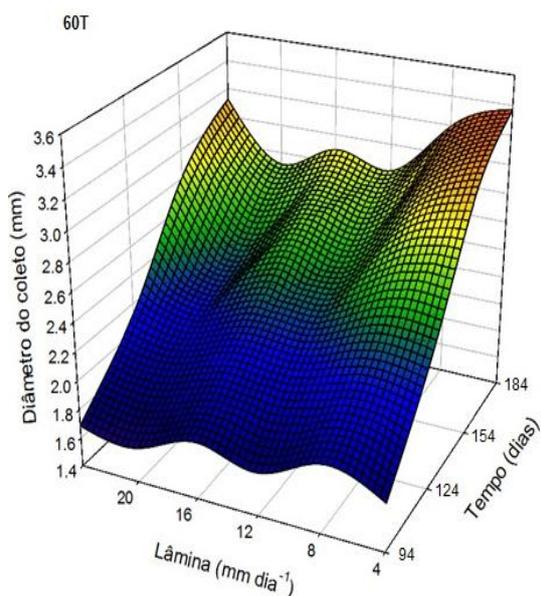


$$DC = 1.502 + 0.0223 \cdot x - 0.0604 \cdot y - 3.867E-5 \cdot x^2 - 0.0002 \cdot x \cdot y + 0.0021 \cdot y^2$$

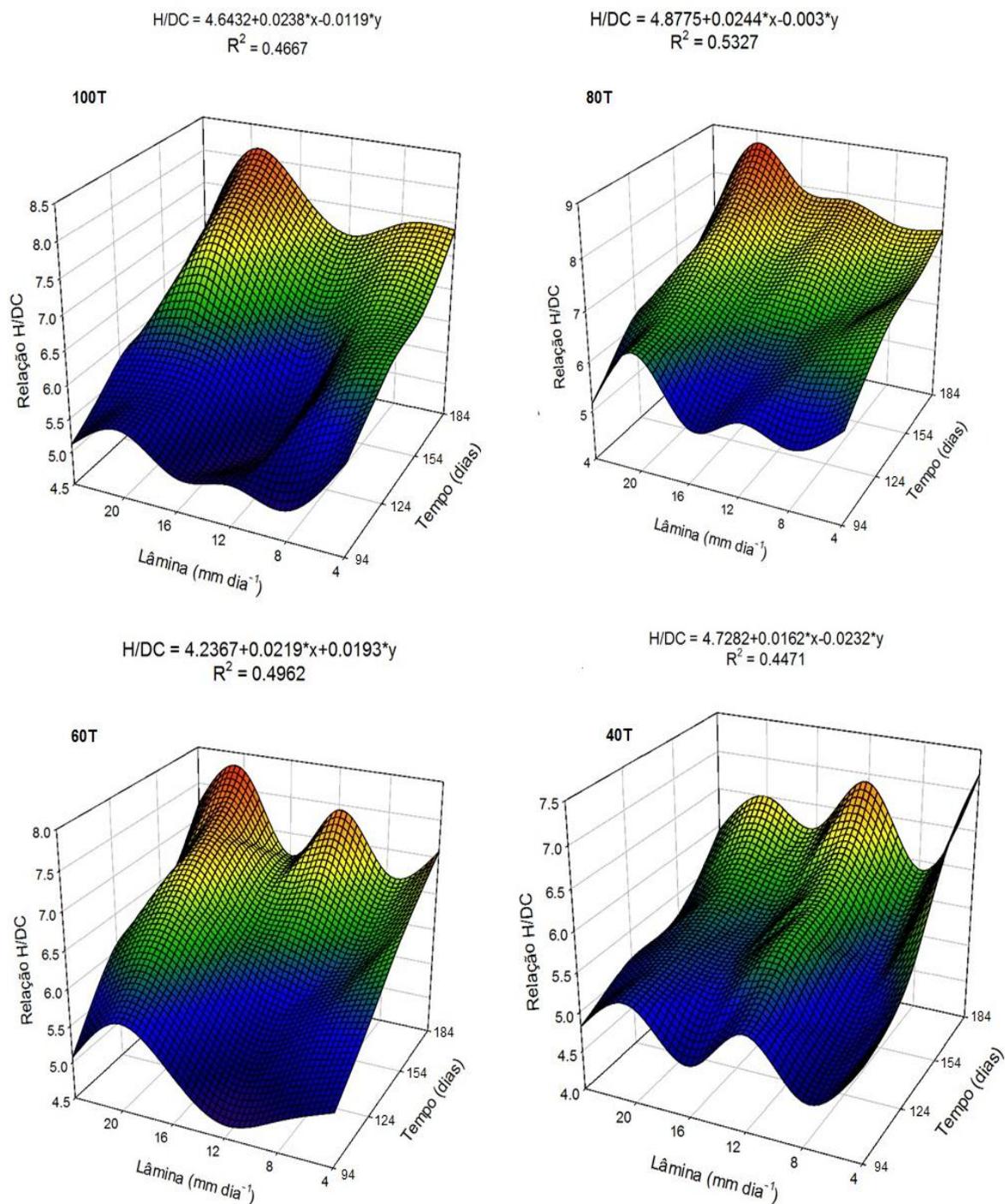
$$R^2 = 0.7697 \text{ e PC} = 24 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 243 \text{ dias}$$

$$DC = 1.2808 + 0.0124 \cdot x - 0.0052 \cdot y$$

$$R^2 = 0.7848$$



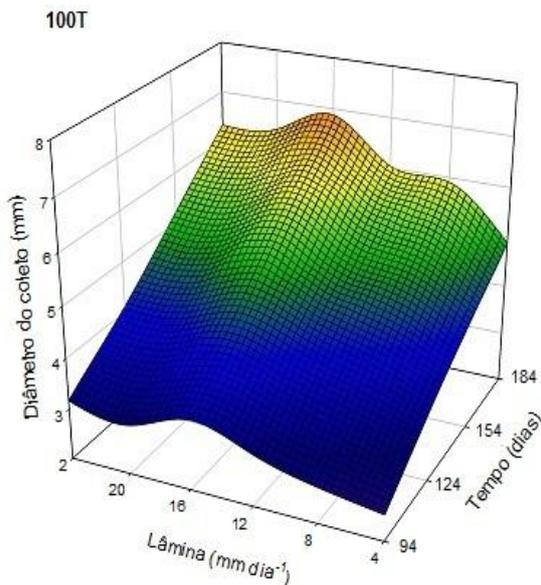
Anexo 34 - Relação H/DC de mudas de *Parapiptadenia rigida*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações e coeficiente de determinação (R²).



Anexo 35 - Diâmetro do coleto das mudas (mm) de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC).

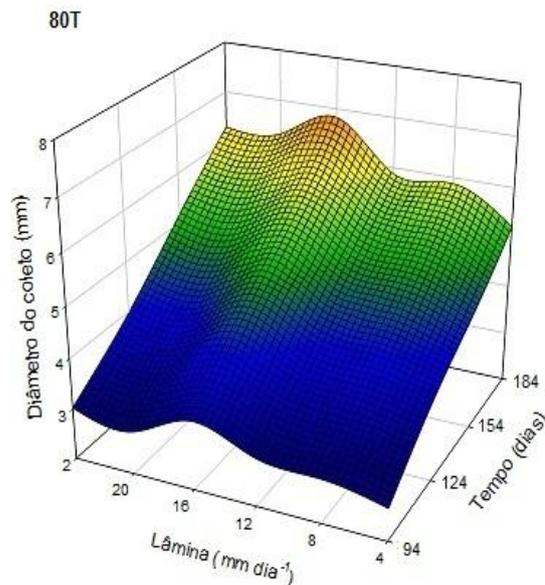
$$DC = 0.7357 + 0.0302x + 0.192y - 9.6965E-6x^2 + 0.0004x^2y - 0.0063y^2$$

$$R^2 = 0.9437 \text{ PC} = 20 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 132 \text{ dias}$$



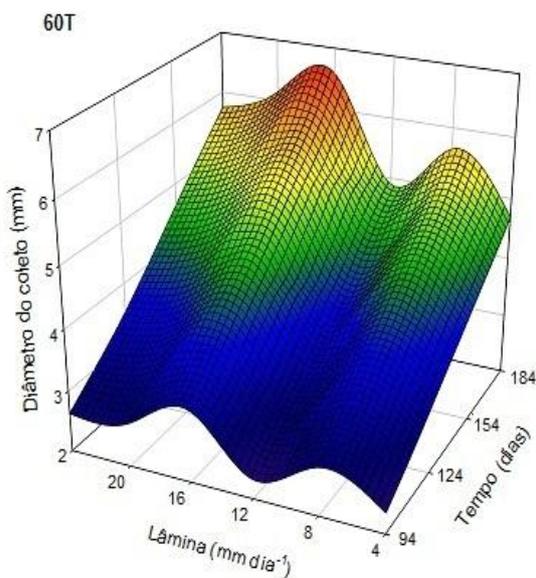
$$DC = 1.3173 + 0.026x + 0.1255y + 1.5471E-5x^2 + 0.0004x^2y - 0.0046y^2$$

$$R^2 = 0.9398 \text{ PC} = 16 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 614 \text{ dias}$$



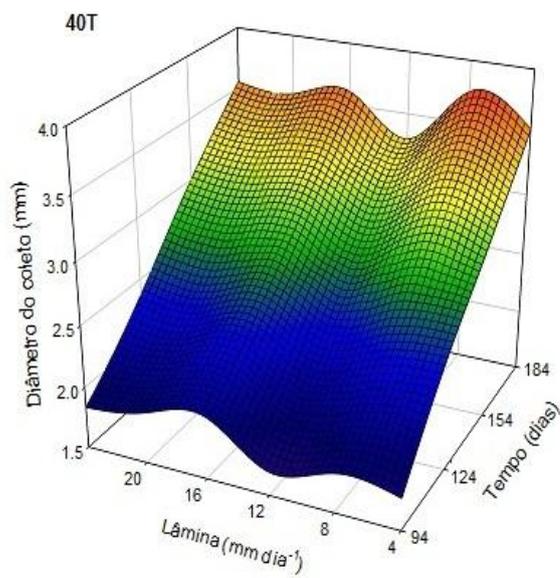
$$DC = 1.1839 + 0.0193x + 0.1237y + 4.2953E-5x^2 + 0.0005x^2y - 0.0045y^2$$

$$R^2 = 0.8297 \text{ PC} = 1 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 229 \text{ dias}$$



$$DC = 1.2354 + 0.0191x + 0.0012y$$

$$R^2 = 0.5970$$

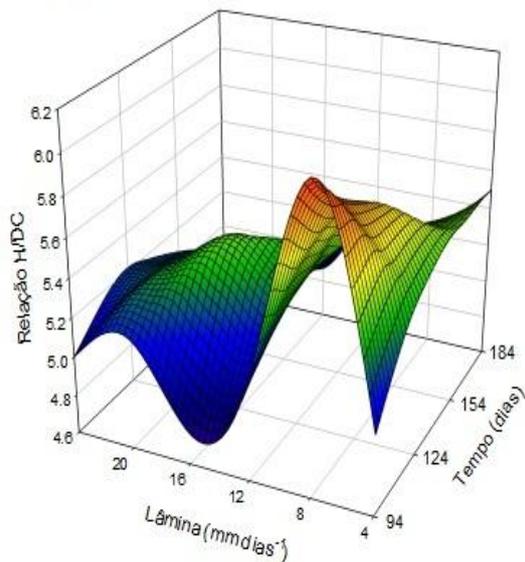


Anexo 36 - Relação H/DC de mudas de *Luehea divaricata*, aos 94, 124, 154 e 184 dias após a semeadura, para as lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mm.dia⁻¹, em função dos diferentes substratos avaliados, 100T (100% turfa), 80T (80% turfa 20% CAC), 60T (60% turfa 40% CAC) e 40T (40% turfa 60% CAC), e respectivas equações, coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC).

$$H/DC = 5.6857 - 0.0013 * x - 0.0242 * y$$

$$R^2 = 0.1326$$

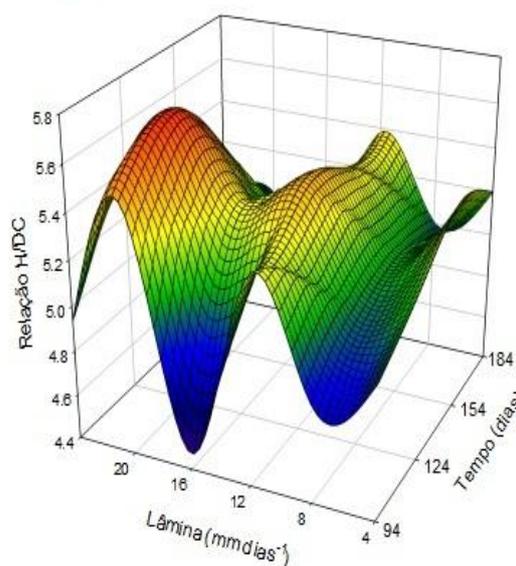
100T



$$H/DC = 4.1586 + 0.025 * x + 0.0304 * y - 0.0001 * x * x - 0.0003 * x * y - 0.0003 * y * y$$

$$R^2 = 0.0735 \quad PC = 18 \text{ mm dia}^{-1} \text{ e } 72 \text{ dias}$$

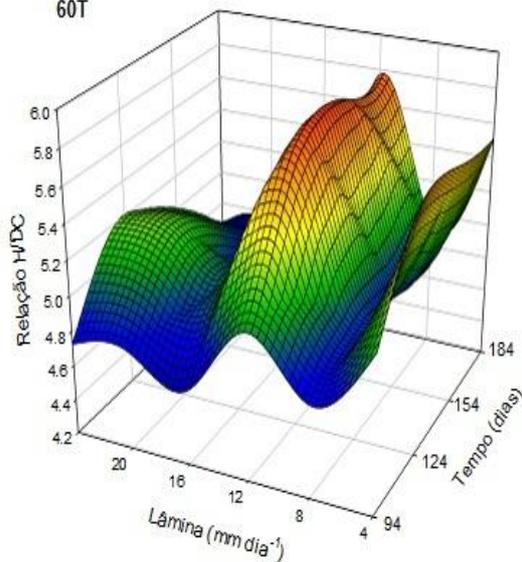
80T



$$H/DC = 5.3291 + 0.0014 * x - 0.0262 * y$$

$$R^2 = 0.1063$$

60T



$$H/DC = 4.9204 + 0.0165 * x - 0.0355 * y$$

$$R^2 = 0.1801$$

40T

