

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

**CRESCIMENTO INICIAL DE *Enterolobium
contortisiliquum* (Vell.) Morong. EM DIFERENTES
SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Mariana Fauerharmel

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**CRESCIMENTO INICIAL DE *Enterolobium contortisiliquum*
(Vell.) Morong. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS
DE IRRIGAÇÃO**

Mariana Fauerharmel

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, Linha de pesquisa em Sementes e Mudas Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS, Brasil

2014

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

Fauerharmel, Mariana
Crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum*
(Vell.) Morong. em diferentes substratos e lâminas de
irrigação / Mariana Fauerharmel.-2014.
68 f. ; 30cm

Orientador: Maristela Machado Araujo
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2014

1. Timbauva 2. Produção de mudas 3. Parâmetros
morfológicos 4. Parâmetros fisiológicos I. Machado Araujo,
Maristela II. 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

**CRESCIMENTO INICIAL DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.)
Morong. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO**

elaborada por
Mariana Fauerharmel

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Maristela Machado Araujo, Dra.
(Presidente/Orientadora)

Rejane Flores, Dra. (IFFarroupilha)

Marcio Carlos Navroski, Dr. (UDESC)

Santa Maria, 21 de julho 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos em minha vida.

Também agradeço a professora Maristela Machado Araujo por ter sido minha orientadora e por todos os conhecimentos transmitidos.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de realizar meus estudos e a Capes pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Aos colegas que fizeram parte deste trabalho e o tornaram possível, não vou citar nomes, pois foram muitas pessoas que participaram e poderia esquecer alguém, mas tenham certeza que seus nomes estão gravados em meu coração.

Aos funcionários do Viveiro Florestal/UFSM, Gervásio e Seu Élio, e a Maria também, muito obrigado por todo auxílio prestado nesta etapa.

Agradeço a minha tia Ione que cuidou da minha filha, para que eu pudesse estudar, e a minha mãe, que é a luz e a razão da minha vida, vocês sempre estiveram do meu lado e nunca me deixaram desistir.

Aos todos os meus familiares, primos(a) e agregados, muito obrigado por serem minha família.

As minhas amigas de todas as horas, Thaíse, Gisele e Suelen, vocês ajudaram a tornar este sonho possível, muito obrigada.

Ao meu grande amor, João Marcelo, meu amigo, companheiro, meu parceiro, que atravessou comigo esta etapa, muito obrigada.

A minha vó Geni e ao meu grande amigo Martinho, que não estão mais entre nós, sei que vocês estavam torcendo por mim...sempre.

Dedico este trabalho a pessoa mais importante da minha vida e que foi a força motriz para esta realização, minha filha Maria Rita.

E a todos que de alguma forma me ajudaram e estiveram comigo nesta jornada... meu muito obrigada eterno.

RESUMO

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

CRESCIMENTO INICIAL DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

AUTORA: MARIANA FAUERHARMEL

ORIENTADORA: MARISTELA MACHADO ARAUJO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 de julho de 2014.

Este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong produzido sob diferentes substratos combinados com lâminas de irrigação. O trabalho foi desenvolvido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram utilizadas sementes coletadas de árvores matrizes na região de Santa Maria (RS). Os substratos utilizados foram comercial a base de turfa (SC) e a mistura deste à casca de arroz carbonizada (CAC), constituindo os seguintes tratamentos: S1 (100% SC), S2 (80% SC + 20% CAC), S3 (60% SC + 40% CAC) e S4 (40% SC + 60% CAC) e as lâminas brutas de irrigação diária – LB foram de 4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹. O delineamento utilizado foi blocos casualizados (quatro blocos) em esquema fatorial. Os parâmetros altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC foram obtidos em esquema fatorial 4x5x4. Para a massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), utilizou o fatorial 4x5, respectivamente para os fatores SC e lâmina de irrigação, parâmetros que foram obtidos 150 dias após semeadura. Aos 120 dias após semeadura foram avaliados os parâmetros fisiológicos teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides, os quais foram correlacionados aos morfológicos (H, DC e H/DC), também observados aos 120 dias. Nesta análise utilizou-se fatorial 4x3, representado pelos 4 substratos e 3 lâminas brutas de irrigação diária (4, 12 e 20 mm.dia⁻¹). Os resultados indicaram que o substrato a base de turfa misturado com 20% de casca de arroz carbonizada, quando combinado com lâmina bruta de irrigação de 8 mm.dia⁻¹ proporciona crescimento adequado às mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, com maior economia de água e substrato. A correlação dos parâmetros morfológicos e fisiológicos observada nas mudas é baixa, assim H, D e H/DC não podem ser utilizados para referenciar sobre os teores de clorofila. Aos 120 dias após semeadura, a altura foi maior nas irrigações de 4 e 12 mm.dia⁻¹, possivelmente, porque 8 mm.dia⁻¹ não foi utilizada na análise, enquanto o diâmetro mostrou-se superior em S1 e S2, confirmando a resposta aos 150 dias. Em relação aos teores de clorofilas e carotenoides, estes foram maiores quando as mudas receberam menores quantidades de água diariamente, indicando que a maior lâmina compromete o desenvolvimento das mudas e com 20% de casca de arroz misturado à turfa.

Palavras-chave: Timbaúva. Produção de mudas. Parâmetros morfológicos. Parâmetros Fisiológicos. Espécie florestal.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Graduate Program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

INITIAL GROWTH OF *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. IN DIFFERENT SUBSTRATES AND BLADES OF IRRIGATION WATER

AUTHOR: MARIANA FAUERHARMEL

ADVISOR: MARISTELA MACHADO ARAUJO

Date and Place of Presentation: Santa Maria, July 21, 2014.

The purpose of this work was to evaluate the development of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings produced with different substrates combined with irrigation water blade. The study was developed in the Tree Nursery of the Department of Forest Sciences at the Federal University of Santa Maria (UFSM-Universidade Federal de Santa Maria). The seeds used were collected from donor trees in the region of Santa Maria (RS). The substrates used were peat-based commercial (CS) and the mixture of the latter with carbonized rice husks (CRH), forming the following treatments: S1 (100% CS), S2 (80% CS + 20% CRH), S3 (60% CS + 40% CRH) and S4 (40% CS + 60% CRH) and the gross blades of daily irrigation water - GB-Gross Blades were 4, 8, 12, 16 and 20 mm.day⁻¹. The design used was randomized blocks (four blocks) in a factorial scheme. The parameters height (H), stem diameter (SD) and H/SD ratio were obtained in a factorial scheme 4x5x4. For the aerial dry mass (ADM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), ADM/RDM ratio and Dickson Quality Index (DQI), the factorial 4x5 was used respectively for the factors CS and irrigation blade, these parameters were obtained 150 days after sowing. One hundred and twenty days after sowing, the physiological parameters, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids were evaluated and correlated with the morphological ones (H, SD and H/SD), also seen at 120 days. In this analysis we used 4x3 factorial, represented by four substrates and three blades gross daily irrigation (4, 12 and 20 mm.dia⁻¹). The results indicated that the substrate based on peat mixed with 20% carbonized rice husk, when combined with gross irrigation blade of 8 mm.day⁻¹ provides the appropriate seedlings *Enterolobium contortisiliquum* growth with greater economy of water and substrate. The correlation of morphological and physiological parameters observed in seedlings is low, so H, SD and H/SD may not be used for reference on the contents of chlorophyll. At 120 days after sowing, the height was greater in the 4 and 12 mm.day⁻¹, possibly because 8 mm.day⁻¹ was not used for analysis, while the diameter proved superior at S1 and S2, confirming the response at 150 days. As to the chlorophyll and carotenoid contents, they were larger when the seedlings received smaller amounts of water daily, indicating that the greater water blade compromised the seedling development and 20% of rice husk mixed with peat.

Key words: Timbaúva. Seedling production. Morphological parameters. Physiological Parameters. Forest species.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Imagem demonstrativa e esquema de distribuição dos copos coletores usados no teste de uniformidade da irrigação, Viveiro Florestal, UFSM, Santa Maria, RS, 2013.26
- Figura 2 – Diâmetro do coleto (A) e relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC) (B) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função dos substratos utilizados (S1= 100% substrato comercial – SC; S2=80% SC + 20% casca de arroz carbonizada – CAC; S3= 60% SC + 40 CAC; S4= 40% SC + 60% CAC), e respectivas equações com coeficiente de determinação e ponto crítico (PC).36
- Figura 3 – Altura (cm) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90,120 e 150 dias após os semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), com equações com coeficientes de determinação (R²)e ponto crítico (PC).....37
- Figura 4 – Diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), com equações com coeficientes de determinação (R²)e ponto crítico (PC).....38
- Figura 5 – Relação H/DC (cm.mm⁻¹) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), com equações com coeficiente de determinação (R²) e ponto crítico (PC).....39
- Figura 6 – Altura média (A) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 12 e 20 mm.dia⁻¹), e diâmetro do coleto (B) em diferentes substratos (S1= 100% substrato comercial – SC; S2= 80% SC + 20% casca de arroz carbonizada - CAC; S3= 60% SC + 40% CAC; S4= 40% + 60% CAC), 120 dias após o semeio.51

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Médias mensais de temperatura máxima (T _{máx}), temperatura mínima (T _{min}), temperatura média (T _{med}), umidade relativa (UR) e precipitação pluviométrica (pp), no município de Santa Maria/RS, durante o período do experimento. | 23 |
| Tabela 2 – Análise das características físicas e químicas dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. | 25 |
| Tabela 3 – Distribuição do regime de rega em volume (mm) e horários diários, Viveiro Florestal, UFSM, Santa Maria, 2014. | 28 |
| Tabela 4 – Médias de altura (H) (cm), diâmetro do coleto (DC) (mm) e relação H/DC (cm.mm ⁻¹) de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong., em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação. | 35 |
| Tabela 5 – Médias das variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. em função das diferentes lâminas de irrigação. | 40 |
| Tabela 6 – Resumo das características morfológicas altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR, Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. | 41 |
| Tabela 7 – Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros morfológicos e fisiológicos de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. submetidos a diferentes substratos em combinação a diferentes às lâminas de irrigação aos, 120 dias. | 50 |
| Tabela 8 – Teor de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e total (mg.g.MV ⁻¹) em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação. | 53 |
| Tabela 9 – Teor de carotenoides (mg.g.MV ⁻¹) em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação. | 53 |

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 - Resultado da Análise de Variância das variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. 66
- Anexo 2 - Resultado da Análise de Variância das variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação MSA/MST para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. 66
- Anexo 3 - Resultado da Análise de Variância das variáveis teor de clorofila *a* (Chl *a*), teor de clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total, carotenoides, altura e diâmetro do coleto aos 120 dias, para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. 67

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 13 |
| 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS | 14 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 2.1 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong..... | 15 |
| 2.2 Substrato | 16 |
| 2.3 Irrigação..... | 18 |
| 2.3.1. Influência da água no desenvolvimento de mudas | 18 |
| 2.3.2. Lâminas de irrigação | 19 |
| 2.3.3. Regime de rega | 20 |
| 2.3.4 Influência da água na fotossíntese | 21 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 Área de estudo | 22 |
| 3.2 Coleta e beneficiamento dos frutos | 23 |
| 3.3 Instalação do experimento | 23 |
| 3.4 Análise do substrato..... | 24 |
| 3.5 Teste de uniformidade da irrigação..... | 25 |
| 3.6 Tratamentos avaliados e delineamento experimental | 27 |
| 3.7 Parâmetros avaliados | 28 |
| 4. CAPÍTULO 1 – COMBINAÇÕES DE SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong..... | 31 |
| 4.1 Introdução..... | 32 |
| 4.2 Material e métodos | 34 |
| 4.3 Resultados..... | 34 |
| 4.3.1 Sobrevivência das mudas..... | 34 |
| 4.3.2 Parâmetros morfológicos | 34 |
| 4.4 Discussão | 40 |
| 4.5 Conclusão | 45 |
| 5. CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS COMO PREDITORES DA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Enterolobium</i> | |

| | |
|---|-----------|
| <i>contortisiliquum</i> (Vell.) Morong..... | 46 |
| 5.1 Introdução..... | 48 |
| 5.2 Material e Métodos..... | 49 |
| 5.3 Resultados..... | 50 |
| 5.3.1 Correlação entre parâmetros morfológicos e fisiológicos | 50 |
| 5.3.2 Parâmetros morfológicos e fisiológicos | 51 |
| 5.4 Discussão | 54 |
| 5.5 Conclusão | 55 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 57 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |
| 8. ANEXO..... | 66 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

Diante da crescente pressão antrópica sobre os recursos florestais, muito tem sido feito para se reverter os danos desta ação sob o meio ambiente, através de políticas específicas ou de ações mais concretas como a recuperação de áreas degradadas. A proteção ou recuperação ambiental pode ser feita através de plantios, sendo neste caso segundo Ferreira e Silva (2007), preferível o uso de espécies nativas.

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (2014), o Brasil é detentor da maior biodiversidade do planeta, tanto em flora quanto fauna, apesar disto pouco se sabe sobre as espécies florestais nativas e a importância na produção e conservação de recursos naturais.

A demanda pela produção de mudas de espécies florestais nativas tem se intensificado atualmente, para atender diversas finalidades, porém é necessário que as mudas apresentem boa qualidade, possibilitando maior sobrevivência e desenvolvimento no campo. A qualidade das mudas pode ser aferida através de parâmetros morfológicos e fisiológicos (GOMES et al., 2002) bem como é importante saber de que maneira estes se correlacionam.

Para Davide e Silva (2008) a qualidade das mudas é afetada dentre outros fatores pelas técnicas empregadas no viveiro, destacando-se o substrato e a irrigação. O substrato deve apresentar características físicas e químicas adequadas, bem como a irrigação deve fornecer a quantidade de água necessária para o desenvolvimento da planta, sendo de grande importância para a produção de mudas com qualidade e em tempo reduzido.

Para a correta determinação do tempo, da frequência e do volume de irrigação utilizado, deve-se levar em conta o substrato utilizado (Wendling et al., 2002), pois a combinação inadequada entre substrato e irrigação pode acarretar danos a produção de mudas.

A espécie em estudo, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., popularmente conhecida como timbaúva, pertence à família Fabaceae, é nativa do Brasil, ocorrendo em diversas formações florestais (MORIM, 2014), é seletiva higrófito, heliófito e pioneira (LORENZI, 2002).

A timbaúva apresenta um grande potencial ecológico, paisagístico e econômico (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003), porém pouco se sabe sobre sua exigência hídrica, que combinada com diferentes formulações de substratos corresponda ao melhor crescimento de mudas em viveiros.

A irrigação e o substrato, além de influenciarem o crescimento da espécie representam um alto custo na produção de mudas, sendo de suma importância estudos de visem à redução dos gastos.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em verificar a influência do substrato e da lâmina de irrigação na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*.

Como objetivos específicos têm-se:

- Identificar que combinações de substratos e lâminas de irrigação proporcionam maior crescimento em mudas de *E. contortisiliquum*;
- Verificar a sobrevivência e crescimento da espécie quando submetida a diferentes substratos combinados com as lâminas de irrigação;
- Identificar parâmetros morfológicos e/ou fisiológicos capazes de explicar o desenvolvimento de mudas desta espécie em viveiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

O *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong é uma espécie pertencente à família Fabaceae, conhecida popularmente como timbaúva, orelha-de-negro, tamboril, orelha-de-macaco, entre outros, com ocorrência desde a Colômbia e Peru, até Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil (Pará, Goiás, Mato Grosso até o Rio Grande do Sul) (BACKES; IRGANG, 2009).

Carvalho (2003) e Morim (2014) relatam ainda que a timbaúva está presente em formações vegetais como caatinga (*stricto sensu*), cerrado (*lato sensu*), floresta pluvial e semidecídua, o que comprova sua ampla plasticidade ecológica.

A espécie classifica-se como caducifólia, heliófila, seletiva higrófila, pioneira de rápido crescimento em formações secundárias, regenera-se muito bem, sendo importante para a recuperação de áreas degradadas com solos pobres (LORENZI, 2002; BACKES; IRGANG, 2009).

Os indivíduos de timbaúva possuem altura de 10 a 20 m, tronco reto e pouco tortuoso, podendo atingir até 3m de diâmetro, folhas compostas, bipinadas, com 3 a 7 pares de folíolos, as flores são hermafroditas com coloração branca. O fruto é do tipo legume bacóide, simples, seco, indeiscente, retorcido, reniforme e polispérmico contendo de 12 a 15 sementes (CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009; BARRETO; FERREIRA, 2011).

A floração ocorre de setembro a novembro (BACKES; IRGANG, 2009), variando conforme a região e entre indivíduos. A frutificação pode ocorrer de maio a setembro, sendo que os frutos permanecem na árvore por muito tempo (CARVALHO, 2003).

Após a colheita e beneficiamento dos frutos, as sementes germinam entre quatro a 60 dias após semeadura (BACKES; IRGANG, 2009), sendo a temperatura de 30 °C e 35 °C a mais indicada para a germinação das sementes (RIBEIRO et al., 2012).

Conforme Eira, Freitas e Mello (1993), a espécie *Enterolobium contortisiliquum* apresenta dormência, devido à impermeabilidade do tegumento, dessa forma segundo Lorenzi (2002) as sementes desta espécie devem ser escarificadas antes da semeadura, sendo recomendado por Brasil (2013) a escarificação do tegumento com lixa.

De acordo com Carvalho (2003) o comportamento das sementes em relação ao armazenamento pode ser definido como ortodoxo. Lima et al. (2008) ao estudarem o armazenamento de sementes de *E. contortisiliquum* verificaram que estas apresentaram germinação superior a 70% após 15 meses de armazenamento.

A timbaúva possui diversos usos, destacando-se o paisagismo, a marcenaria, a construção de barcos (CARVALHO, 2003), além de ser empregada como forrageira e apícola (BACKES; IRGANG, 2009), também é recomendada para reflorestamentos com plantios mistos, principalmente por apresentar rápido crescimento inicial (LORENZI, 2002). As sementes dessa espécie também possuem propriedades medicinais, sendo identificado por Paula et al. (2012), uma proteína capaz de ser eficaz contra pelo menos cinco tipos de câncer.

2.2 Substrato

A planta, em condições ambientais favoráveis é capaz de completar seu ciclo de desenvolvimento, desde que sejam disponibilizados os elementos químicos essenciais ao seu metabolismo celular. Esses podem ser de origem orgânica ou mineral e a principal entrada de nutrientes ocorre por meio das raízes (KÄMPF, 2005).

Um dos meios de absorção desses elementos é através do substrato, que pode ser definido como um meio poroso, onde as plantas cultivadas fora do solo são capazes de desenvolverem suas raízes, podendo ser formado por um único material ou pela mistura de dois ou mais (KÄMPF et al., 2006).

O substrato deve exercer a função de sustentação à planta, fornecer água, nutrientes e oxigênio, sendo composto por uma fase sólida, constituída por partículas minerais e orgânicas; uma fase líquida constituída pela água, onde são encontrados os nutrientes; e uma fase gasosa, representada pelo espaço de aeração (WENDLING et al., 2002; GOMES; PAIVA, 2011).

Nesse sentido, e tendo em vista que a produção em viveiro busca produzir mudas de qualidade, Wendling et al. (2002) descrevem o substrato como um dos principais fatores que condicionam o padrão de qualidade.

A eficiência do substrato está relacionada com o recipiente utilizado, o manejo da irrigação e a adubação durante o cultivo (KÄMPF et al., 2006), sendo a qualidade do substrato associada a algumas características como: uniformidade, permeabilidade, aeração,

características físicas e químicas adequadas, baixo custo e fácil disponibilidade (DAVIDE; SILVA, 2008; GOMES; PAIVA, 2011). Segundo Petry et al. (2008) determinações das variáveis físicas e químicas auxiliam no manejo correto da irrigação, escolha dos componentes da mistura e recomendação de adubação do substrato.

Apesar da quantidade de matérias disponíveis para a formulação de substrato, dificilmente um único material irá conter todas as características desejáveis (KÄMPF et al., 2006).

Por essa razão é necessário que o substrato seja composto por uma mistura de materiais, como propôs Maeda et al. (2007) que ao caracterizarem substratos elaborados a partir de resíduos orgânicos, verificaram que o bagaço de malte + serragem (1:4) é indicado para produção de mudas de espécies florestais.

Dentre os materiais que podem compor um substrato destacam-se a terra de subsolo, vermiculita, fibra de coco, casca de arroz carbonizada (CAC), húmus de minhoca, entre outros (WENDLING et al., 2002; GOMES; PAIVA, 2011).

Contudo, existem diferentes tipos de materiais usados, e alguns já consagrados como a turfa, compostos orgânicos e a areia, classificados como materiais naturais. Existem também os materiais minerais, como a vermiculita e a perlita; e os materiais definidos como orgânicos como a fibra de coco e a casca de arroz carbonizada (KÄMPF et al., 2006).

A turfa é formada por solo orgânico de origem vegetal, em condições especiais de umidade, e de acordo com seu grau de degradação pode ser fibrosa ou humificada (KÄMPF et al., 2006). A turfa apresenta como características baixos valores de pH e densidade, alta porosidade, elevada capacidade de retenção de água e, aproximadamente, 70% de matéria orgânica (KÄMPF et al., 2006; PETRY et al., 2008), essas propriedades podem variar de acordo com o grau de decomposição e local de origem do material.

A casca de arroz é um subproduto do beneficiamento do arroz, que esta presente em grandes quantidades em algumas regiões, pois representa segundo FAO (2013) uma das culturas mais produzidas no mundo. A casca de arroz carbonizada (CAC) é obtida por meio do processo de carbonização, que consiste em submeter à mesma a uma fonte de calor, sendo este um processo simples, porém lento (KÄMPF et al., 2006; PETRY et al., 2008). A CAC apresenta características como boa aeração, valores de pH próximos da neutralidade, drenagem rápida e eficiente, baixa densidade e elevada porosidade (KÄMPF, 2005).

Segundo Saidelles et al. (2009) os substratos que apresentam em sua formulação 50% de CAC em combinação com 50% de solo, proporcionam maior crescimento para mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, quando comparados com aqueles que apresentavam maiores

proporções de CAC.

Dutra (2012) recomenda para a produção de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. em viveiro, uma composição de 100% turfa ou 80% turfa e 20% de casca de arroz carbonizada, sendo esta última a mais indicada levando em conta os fatores econômicos.

A escolha de um material que irá participar da formulação de um substrato deve considerar além das propriedades físicas e químicas, a disponibilidade, viabilidade econômica (WENDLING et al., 2002) e ecológica do material em questão.

2.3 Irrigação

2.3.1. Influência da água no desenvolvimento de mudas

A água é um dos fatores principais na fisiologia e bioquímica de uma planta, participando ativamente da nutrição e crescimento vegetal. Os tecidos vegetais em crescimento possuem em sua constituição de 80 a 95% de água (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Um vegetal com desenvolvimento normal apresenta um contínuo de água desde o solo até a atmosfera, o que é garantido pela diferença de potencial (LANDIS; DUMOROESE; HAASE, 2009). Neste sistema são transportados nutrientes minerais e produtos orgânicos da fotossíntese (FERRI, 1985).

Segundo Andriolo (1999) o estado hídrico da planta depende do equilíbrio entre a oferta de água às raízes e a demanda atmosférica da parte aérea. Assim, qualquer alteração na disponibilidade de água para a planta pode interferir significativamente o seu desenvolvimento em diferentes níveis, pois segundo Larcher (2000) a perda de turgescência é um dos efeitos imediatos do déficit hídrico.

Além disso, conforme Taiz e Zeiger (2004) a redução e abscisão foliar, o acentuado crescimento radicular e o fechamento estomático são mecanismos relacionados ao estresse hídrico.

Santiago, Nogueira e Lopes (2001), estudando mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. concluíram que houve uma redução no número médio de folhas e área foliar para plantas em condições de estresse severo, ao contrario daquelas que receberam água

normalmente, ocorrendo para esta mesma espécie correlação negativa entre a altura das mudas e a quantidade de água disponibilizada para as plantas.

Larcher (2000) descreve que em plantas sob estresse provocado pela seca, a relação de crescimento entre a parte aérea e subterrânea é alterada. Lenhard, Scalon e Novelino (2010) observaram que em mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth (pau-ferro) a relação raiz/parte aérea foi afetada positivamente pela água quando as mudas foram submetidas a menor capacidade de campo (12,5%). Assim, fica respaldado que a água é um dos principais fatores que limitam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, conforme já descrito por Taiz e Zeiger (2004).

2.3.2. Lâminas de irrigação

Com base na influência da água no crescimento da planta, a agricultura e a silvicultura manipulam esse fator por meio da irrigação controlada. Segundo Salassier, Soares e Mantovani (2006) a irrigação tem como finalidade básica o fornecimento de água para suprir as necessidades hídricas das culturas de forma parcial ou total. Nesse sentido, é possível prevenir o estresse hídrico e disponibilizar nutrientes pelas raízes, a fim de possibilitar o desenvolvimento da planta (KÄMPF, 2006).

A irrigação no viveiro é uma importante prática para obtenção de mudas de qualidade, sendo que a água utilizada deve ser de boa qualidade, livre de patógenos, algas e teor excessivo de sais (WENDLING et al., 2002). Os valores de pH, salinidade e a sanidade da água devem ser frequentemente verificados (KÄMPF, 2006).

A quantidade de água disponibilizada por irrigação é uma variável que requer critérios para sua obtenção, pois é necessário ter conhecimento das exigências hídricas da espécie, além das propriedades do substrato (REICHARDT, 1990; KLAR, 1991). Lopes (2004) complementa que a quantificação da exigência hídrica é um fator importante, pois a falta ou excesso limita a produção de mudas.

Conforme Petry et al. (2008) quando feita de forma incorreta, a irrigação pode trazer prejuízos à produção de mudas, causando o estresse hídrico, o aumento de doenças e interferindo na nutrição da planta.

Nesse sentido, a uniformização da irrigação em área de viveiro deve ser avaliada e calculada conforme Salassier, Soares e Mantovani (2006) e classificada de acordo com os

mesmos autores, que definiram os valores de Coeficiente de Uniformidade Christiansen como sendo acima de 90% excelentes, entre 80 e 90% bons, entre 70 e 80% ruins e abaixo de 60% são considerados inaceitáveis.

Assim, a irrigação deve ser feita sempre que necessária, porém, usualmente, há descrições de duas vezes ao dia, no início da manhã e ao final da tarde, podendo variar, para as mudas jovens, de acordo com a estação do ano (WENDLING et al., 2006), e da fase de produção das mudas (GOMES; PAIVA, 2011).

Para Petry et al. (2008) a quantidade de água a ser disponibilizada para as plantas não deve ser maior do que a capacidade de retenção do substrato, que corresponde ao máximo de umidade mesmo após a livre drenagem.

Existem diferentes métodos de irrigação, que segundo Mantovani, Salassier e Palaretti (2006) podem ser classificados em irrigação por superfície, localizada e por aspersão, sendo esta última a mais difundida e, portanto mais utilizada.

Segundo estudo realizado por Lopes et al. (2005), o teor relativo de água na folha e a transpiração em mudas *Eucalyptus grandis* foram influenciadas por diferentes lâminas de irrigação. As lâminas de irrigação bruta de 12 e 14 mm diários proporcionaram melhor desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden produzidas em diferentes substratos (LOPES; GUERRINI; SAAD, 2007). Enquanto, Navroski (2013) observou que quando não é acrescido hidrogel ao substrato, as mudas de *Eucalyptus dunnii* apresentam maior altura e diâmetro do coleto quando irrigadas com 16 mm.dia⁻¹.

Para espécies nativas Dutra (2012) observou irrigação diária de 4 mm.dia⁻¹ para *Parapiptadenia rigida* e 12 mm.dia⁻¹ para *Luehea divaricata*, em ambos os casos com apenas 20% de casca de arroz carbonizada adicionado ao substrato.

2.3.3. Regime de rega

O regime de rega está associado com o efeito da quantidade de água, sua frequência e forma de distribuição, além disso, está relacionado com o tipo de cobertura do canteiro, que pode ser definida como uma camada de material que recobre em espessura adequada a sua superfície, com a finalidade de conservar a umidade, com a textura do substrato e espécie em produção (CARNEIRO, 1995).

Segundo Thompson (1984) o estabelecimento do regime de rega pode ser orientado

por alguns viveiristas através da temperatura do ar. No entanto, grande parte deles tem como referencial a temperatura do substrato, medida a 1 cm abaixo da superfície. Com isso, sugere-se que as regas devem ser aplicadas quando a temperatura atingir, aproximadamente, 35°C (CARNEIRO, 1995).

2.3.4 Influência da água na fotossíntese

Segundo Ferri et al. (1985) a fotossíntese pode ser definida como um processo por meio do qual as plantas verdes transformam a energia radiante em energia química, consistindo na oxidação da água e na redução do CO₂ para formar compostos orgânicos, sendo considerada o principal mecanismo de entrada de energia nos ecossistemas (MARENCO; LOPES, 2007).

No momento que uma planta apresenta um déficit hídrico este reflete na inibição da fotossíntese. Calbo e Moraes (1997) verificaram uma redução gradual da fotossíntese ao longo do tempo em mudas de *Mauritia vinifera* Mart. submetidas ao estresse hídrico.

Ao avaliar o comportamento de plantas jovens de andiroba quando submetidas à deficiência hídrica e à reidratação (GONÇALVES et al., 2009), verificaram que os parâmetros indicativos da fotossíntese decresceram com o déficit hídrico e após a reidratação foram restabelecidos.

Em estudo realizado por Mariano et al. (2009) com mudas de *Myracrodruon urundeuva*, um período de 5 dias sem água foi suficiente para que a taxa de fotossíntese fosse reduzida de forma significativa.

O aparelho fotossintético nas plantas executa função essencial de converter a energia luminosa em energia química, utilizada na fixação de CO₂ e para outras reações assimilatórias, porém este mecanismo complexo é suscetível a dano induzido por luz, causado pela geração inevitável de subprodutos intermediários reativos.

A flutuação de luz, bem como fatores ambientais inadequados, como frio, déficit hídrico, salinidade e deficiência nutricional, limitam a fixação de CO₂. Diante dessas condições, a dissipação de fótons e elétrons é necessária para proteger o aparato fotossintético de danos induzidos pela luz.

Assim, a manutenção da fotossíntese é fundamental para tornar a planta apta à sobrevivência e crescimento, e por conseguinte evoluíram com numerosos mecanismos

fotoprotetores, entre os quais a dissipação da energia (NIYOGI, 2000), ou balanço do teor de clorofilas e carotenoides, tendo em vista que a luz é captada por esses pigmentos fotossintéticos.

De acordo com Rego e Possamai (2006) os teores de clorofila e carotenoides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético da planta e, conseqüentemente, à transferência de energia para o crescimento, em variadas condições.

Afonso et al. (2012), observaram em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, produzidas com uma mistura de substrato comercial e areia, maior teor de clorofila *b* e clorofila total, em relação aos demais substratos testados, tendo em vista que a clorofila *a* e relação clorofila *a/b* não diferiram estatisticamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido no laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29°43'S; 53°43'W), do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Santa Maria, RS, durante os meses de janeiro a junho de 2013.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo “Cfa” (MORENO, 1961), sendo o mês mais frio em julho e o mês mais quente em janeiro (IMET, 2014).

Tabela 1 – Médias mensais de temperatura máxima (T_{máx}), temperatura mínima (T_{min}), temperatura média (T_{med}), umidade relativa (UR) e precipitação pluviométrica (pp), no município de Santa Maria/RS, durante o período do experimento.

| Mês/Ano | T _{máx} | T _{min} | T _{med} | UR% | pp(mm) |
|---------------|------------------|------------------|------------------|-------|--------|
| | C° | | | | |
| Jan/13 | 30,3 | 18,2 | 25,3 | 73,90 | 145,3 |
| Fev/13 | 29,7 | 19,3 | 25,1 | 79,13 | 97,7 |
| Mar/13 | 26,2 | 16,6 | 21,4 | 81,80 | 188,6 |
| Abr/13 | 26,5 | 14,5 | 20,5 | 80,81 | 147,4 |
| Mai/13 | 21,8 | 11,2 | 16,5 | 85,32 | 71,6 |
| Jun/13 | 19,1 | 10,2 | 14,4 | 88,01 | 81,6 |

Fonte: Estação Climatológica Principal de Santa Maria, instalada no Departamento de Fitotecnia no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

3.2 Coleta e beneficiamento dos frutos

Os frutos de *Enterolobium contortisiliquum* foram coletados no mês de setembro, de oito árvores matrizes na região de Santa Maria, RS, com o auxílio de um podão.

Posteriormente, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno e levados ao Viveiro Florestal/UFSM, onde foram beneficiados manualmente, sendo selecionadas as sementes aparentemente viáveis.

As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em tambores de papel Kraft, sendo mantidas dentro de uma câmara fria, com temperatura em torno de ± 8 °C e umidade relativa de, aproximadamente, 80%, até o momento de instalação do experimento.

Antes do semeio, as sementes de timbaúva, por possuírem dormência, tiveram o tegumento escarificado manualmente com lixa para ferro n° 50, na região oposta à micrópila sem atingir os cotilédones, conforme recomendado por Brasil (2013).

3.3 Instalação do experimento

Foram utilizados tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm³, acondicionados em bandejas plásticas de 96 células. Como substratos foram utilizadas formulações compostas

pela mistura de substrato comercial (SC), sendo este composto por turfa de Sphagnum (turfa canadense - Peat Moss), vermiculita expandida, gesso agrícola, NPK + micronutrientes e calcário, conforme fabricante, sendo este adicionado a casca de arroz carbonizada (CAC).

O substrato comercial e a casca de arroz carbonizada foram misturados nas seguintes proporções: 100% SC (S1), 80% SC e 20% de CAC (S2), 60% SC e 40% de CAC (S3) e 40% SC e 60% CAC (S4), formando os substratos avaliados neste estudo.

Na adubação de base foi utilizado fertilizante de liberação controlada (FLC), na formulação NPK 18-05-09 na dosagem de 6,0 g.L⁻¹ e como adubação de cobertura foi utilizado o fertilizante Peters na formulação 9-45-15, na dosagem de 5,0 g.L⁻¹.

Após o preenchimento dos tubetes com o substrato e a adubação de base, as bandejas foram levadas à mesa vibratória por cerca de 15 segundos, a fim de acomodar o substrato dentro do recipiente, posteriormente, completou-se os recipientes até a borda. Na sequência, foram semeadas três sementes de timbaúva em cada tubete, a uma profundidade de, aproximadamente, 5 mm, cobrindo-as com uma fina camada de substrato, num total de 35 recipientes por repetição. Finalmente, a semeadura, as bandejas foram levadas à casa de vegetação, onde permaneceram por 30 dias, com irrigação diária de quatro milímetros, distribuídos duas vezes ao dia.

Previamente a transferência das mudas para o local definitivo de condução do experimento, procedeu-se o raleio das mesmas, nas quais foram selecionadas aquelas que apresentaram maior vigor e mais centralizadas e após estas foram alternadas nas bandejas, ocupando 50% da mesma, formando uma parcela útil de 24 mudas.

3.4 Análise do substrato

As análises químicas e físicas (Tabela 2) dos substratos foram realizadas no laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), seguindo metodologia descrita na Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007).

Para realização das análises foram enviados ao referido laboratório três litros das diferentes formulações de substratos utilizadas no experimento, sem adição do fertilizante.

Avaliou-se a densidade úmida (Kg.m³), densidade seca (Kg.m³), umidade atual (%), porosidade total (%), espaço de aeração (%), água facilmente disponível, água tamponante,

água remanescente, capacidade de retenção de água sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica (v/v) e água disponível.

Os atributos químicos analisados foram a condutividade elétrica e o pH, com o uso do condutivímetro e potenciômetro (pHmetro), respectivamente.

Tabela 2 – Análise das características físicas e químicas dos substratos utilizados na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

| | Substratos | | | |
|-------------------------------|------------|--------|--------|--------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 |
| pH (H ₂ O) | 5,31 | 5,65 | 5,76 | 6,04 |
| CE mS cm ⁻¹ | 0,51 | 0,41 | 0,34 | 0,33 |
| DU kg m ⁻³ | 172,06 | 218,23 | 154,29 | 220,17 |
| DS kg m ⁻³ | 136,95 | 135,98 | 141,91 | 143,96 |
| UA (%) | 20,41 | 37,7 | 8,03 | 34,61 |
| PT (%) | 84,37 | 83,25 | 83,03 | 84,61 |
| EA (%) | 27,75 | 32,15 | 36,78 | 48,16 |
| AFD (%) | 20,88 | 18,71 | 14,42 | 14,39 |
| AT (%) | 3,94 | 4,00 | 2,74 | 2,88 |
| AR (%) | 31,8 | 28,39 | 29,09 | 19,18 |
| CRA10 (%) | 56,62 | 51,09 | 46,26 | 36,45 |
| CRA50 (%) | 35,74 | 32,39 | 31,83 | 22,06 |
| CRA100 (%) | 31,80 | 28,39 | 29,09 | 19,18 |

CE = condutividade elétrica; DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade Atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AD= água disponível; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AR = água remanescente; CRA 10, 50 e 100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água.

3.5 Teste de uniformidade da irrigação

Para determinar a frequência e intensidade de irrigação foi utilizada a metodologia descrita por Salassier, Soares e Mantovani (2006), a fim de ajustar a lâmina de irrigação diária que cada tratamento recebeu (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), sendo estes valores embasados em estudos realizados por Lopes (2004), Dutra (2012) e Navroski (2013).

O teste de uniformidade foi realizado durante os meses de novembro e dezembro, com o objetivo de medir a quantidade e a uniformidade de água distribuída por 20 microaspersores da marca Fabrimar, modelo Sempreverde grama, com diâmetro dos bocais 8,34 mm x 6,8 mm, ângulo do jato de 360°, com raio de 3,6 m.

Segundo a metodologia descrita por Salassier, Soares e Mantovani (2006), a

uniformidade é avaliada colocando-se uma malha de copos coletores de precipitação, em torno do aspersor, abrangendo uma área quadrada total de 2 x 2 m, subdividida em áreas menores de 0,5 x 0,5 m (Figura 1).

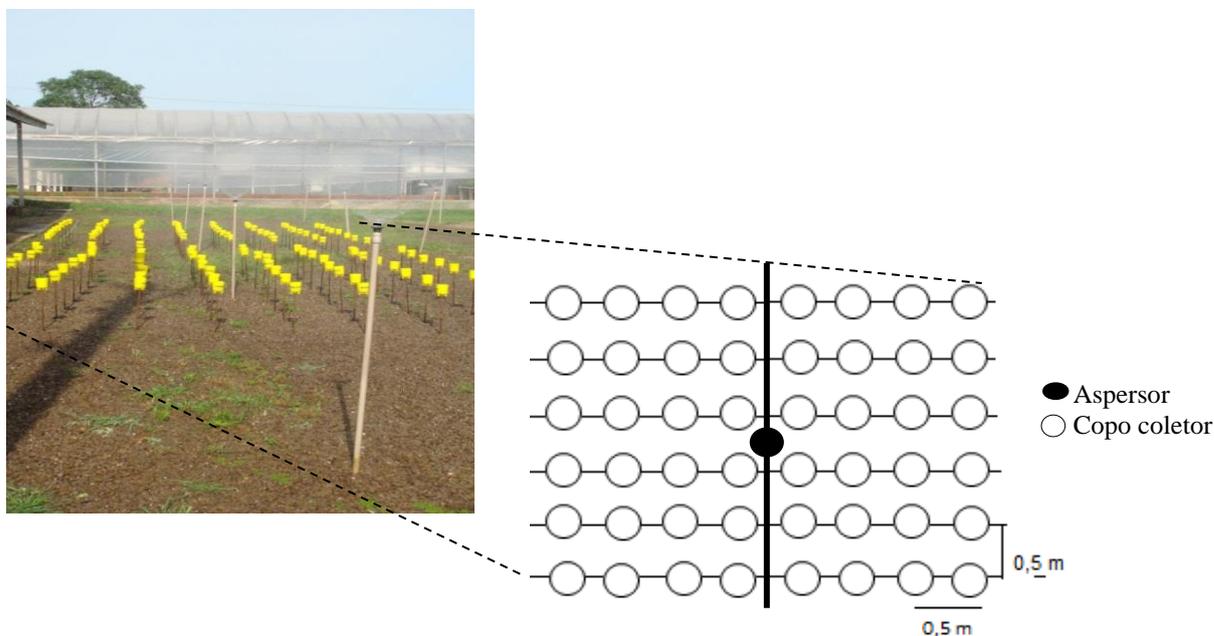


Figura 1 - Imagem demonstrativa e esquema de distribuição dos copos coletores usados no teste de uniformidade da irrigação, Viveiro Florestal, UFSM, Santa Maria, RS, 2013.

Os microaspersores foram alocados em canos de PVC verticais a 1,5 m da superfície do solo, distante 2,0 m entre si, sendo estes dispostos em cinco linhas com quatro microaspersores cada.

No centro de cada subárea foram usados copos coletores da marca Fabrimar[®] com 7,7 cm de diâmetro, colocado sobre uma haste de ferro com 0,5 m de comprimento e distante 0,5 m entre si (Figura 1).

Após a instalação dos copos coletores no entorno dos aspersor, foi acionado um conjunto moto-bomba (marca Schneider[®]), onde um conjunto atende duas linhas de irrigação, sendo ao todo cinco linhas funcionando em horários distintos.

Como característica, o sistema de irrigação utilizado apresenta entrada de água de ½ polegada e saída de uma polegada, pressão na base de 15 metros de coluna d'água (mca) e vazão total de 0,57 m³/h.

Com o auxílio de um manômetro acoplado à bomba, foi verificada a pressão de serviço determinada diretamente no jato do bocal a cada teste realizado. Para cada microaspersor foram realizados dois testes, o primeiro utilizando uma bomba para duas linhas

de irrigação e o segundo teste utilizou uma bomba para apenas uma linha de irrigação, devido ao fato de que em certos momentos do dia duas linhas foram ligadas ao mesmo tempo, e em outros momentos apenas uma linha foi ligada.

A pressão de operação verificada no momento dos testes foi de 2,0 atm, quando duas linhas de irrigação eram ligadas ao mesmo tempo e de 2,9 atm quando apenas uma linha de irrigação estava em funcionamento, sendo esta pressão ajustada através de uma válvula borboleta acoplada na saída do conjunto moto-bomba.

Como o trabalho foi realizado com uma espécie florestal, seguindo indicação de Salassier, Soares e Mantovani (2006), estabeleceu-se na avaliação o tempo de 30 minutos para o funcionamento dos microaspersores. Depois de decorrido o tempo preestabelecido coletou-se o volume de água em cada copo coletor com auxílio de uma proveta graduada em mililitros (ml), registrando-se os valores em uma planilha.

O coeficiente utilizado para o cálculo de uniformidade de distribuição foi o coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC), conforme a seguinte equação (Christiansen, 1942):

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

Sendo: CUC= coeficiente de uniformidade Christiansen, %; n= número de observações; m= precipitação média dos coletores; xi-m= desvio absoluto de cada observação.

Com base nesse coeficiente (CUC) realizou-se então, o experimento com uma uniformidade de 85,59%, sendo classificada como boa, segundo Salassier, Soares e Mantovani (2006).

3.6 Tratamentos avaliados e delineamento experimental

No presente estudo foram avaliadas diferentes composições de substrato comercial a base de turfa (SC) (100% SC -S1, 80% SC e 20% casca de arroz carbonizada (CAC)- S2, 60% SC e 40% CAC - S3 e 40% SC e 60% CAC - S4) e lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), conforme descrito anteriormente.

As lâminas de irrigação foram determinadas com base no Teste de Uniformidade, sendo distribuídas em diferentes volumes e horários durante o dia, representando assim,

diferentes regimes de rega (Tabela 3).

Tabela 3 – Distribuição do regime de rega em volume (mm) e horários diários, Viveiro Florestal, UFSM, Santa Maria, 2014.

| Tratamentos | Volume (mm)/horários |
|--------------|---------------------------|
| Lâmina 4 mm | 2 mm (8:00hs às 8:11hs) |
| | 2 mm (13:00hs às 13:11hs) |
| Lâmina 8mm | 2 mm (8:00hs às 8:11hs) |
| | 2 mm (13:00hs às 13:11hs) |
| | 4 mm (15:20hs às 15:38hs) |
| Lâmina 12 mm | 4 mm (8:30hs às 8:41hs) |
| | 4 mm (12:30hs às 12:41hs) |
| | 4 mm (15:00hs às 15:30hs) |
| Lâmina 16 mm | 4 mm (7:45hs às 7:55hs) |
| | 4 mm (11:30hs às 11:40hs) |
| | 4 mm (14:00hs às 14:10hs) |
| | 4 mm (16:45hs às 16:55hs) |
| Lâmina 20 mm | 4 mm (8:30 hs às 8:41hs) |
| | 4 mm (11:30hs às 11:40hs) |
| | 4 mm (14:00hs às 14:10hs) |
| | 8 mm (16:45hs às 16:55hs) |

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo 4x5x4, (quatro substratos, cinco regimes de rega e quatro avaliações), considerando quatro repetições (blocos) por tratamento.

Sempre que houve chuva durante a condução do experimento, as mudas, juntamente com os aspersores eram cobertas por um plástico transparente e a irrigação efetuada em um único momento fornecendo à planta a irrigação diária.

3.7 Parâmetros avaliados

Os parâmetros morfológicos foram avaliados, aos 60, 90, 120 e 150 dias após a

semeadura, avaliou-se a sobrevivência das mudas (através de observações visuais) medição da altura (H), com auxílio de uma régua milimétrica, e o diâmetro do coleto (DC), com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, das oito mudas centrais de cada repetição.

A avaliação da parte aérea (H) consistiu na medição da distância entre a superfície do substrato e a última inserção foliar no período, enquanto o diâmetro do coleto foi medido no limite superior do tubete, sendo assim obtida a relação H/DC.

Na última medição (150 dias), uma muda de cada repetição foi utilizada para determinação da massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação MSA/MSR.

O procedimento consistiu na separação da parte aérea e radicular com auxílio de uma tesoura de poda. A parte radicular foi lavada em água corrente, sob um conjunto de peneiras de diferentes malhas a fim de evitar a perda destas raízes, pois a espécie apresenta grande proporção de raízes muito finas, posteriormente, a proporção de cada planta (parte aérea e radicular) foi pesada e armazenada em sacos de papel Kraft devidamente identificados. As amostras foram conduzidas à estufa regulada em 70°C (± 2), até peso constante, sendo, posteriormente, pesada em balança digital de precisão (0,001g), com capela, para a obtenção da massa seca.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), também foi calculado por meio da seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{[(H / DC) + (MSPA / MSR)]}$$

Onde: IQD: Índice de Qualidade de Dickson; MST: massa seca total (g); H: Altura da parte aérea (cm); DC: Diâmetro do coleto (mm); MSPA: Massa seca da parte aérea (g); MSR: Massa seca radicular (g).

Na análise estatística considerou-se o regime de rega e substrato como fatores qualitativos. O primeiro tendo em vista que cada lâmina de irrigação foi realizada em várias combinações de tempo e frequência (Tabela 3), e o segundo devido a praticidade de indicação, pois em doses não é prático à formulação de substrato, utilizando-se normalmente proporções que são de mais fácil medição.

Os dados obtidos para os diferentes parâmetros foram submetidos à análise de variância. Quando houve interação significativa, realizou-se o desdobramento, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott e/ou analisadas por regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro.

No caso de efeito significativo de equações quadráticas determinou-se o ponto crítico

(PC) conforme Stork et al. (2000) por meio da fórmula $X = -b_1/2b_2$, em que X = ponto da máxima eficiência técnica; b_1 e b_2 = coeficientes da equação. O PC corresponde ao valor de X (variável independente) para o qual Y (variável dependente) é máximo. A análise estatística foi efetuada com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Além disso, foi realizada a correlação de Pearson a 5% de significância entre as variáveis morfológicas no Microsoft Office Excel[®] 2007, por meio do suplemento Action. O sinal de “r” expressa o sentido da correlação, sendo representado por um valor numérico entre -1 e 1, (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010).

A correlação pode ser avaliada quantitativamente quanto à intensidade, sendo classificada como: $r = 0$ (não há correlação), $0 < r < 0,3$ (fraca); $0,3 \leq r < 0,6$ (regular); $0,6 \leq r < 0,9$ (forte); $0,9 \leq r < 1$ (fortemente) e $r = 1$ (perfeita) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

4. CAPÍTULO 1 – COMBINAÇÕES DE SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes substratos e combinações com lâminas de irrigação na sobrevivência e crescimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. O delineamento utilizado foi blocos casualizados para os parâmetros altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/D, foi constituído de um fatorial 4x5x4, sendo quatro combinações de substrato comercial a base de turfa (SC) misturado à casca de arroz carbonizada (CAC), constituindo os seguintes tratamentos: S1 (100% SC), S2 (80% SC + 20% CAC), S3 (60% SC + 40% CAC) e S4 (40% SC + 60% CAC) e cinco lâminas brutas de irrigação diária (LB) (4, 8, 12, 16 e 20 mm), com parcelas sub divididas no tempo (60, 90, 120 e 150 dias). Para a massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR e Índice de qualidade de Dickson (IQD), utilizou o fatorial 4x5, respectivamente para os fatores SC e lâmina de irrigação, parâmetros que foram obtidos 150 dias após semeadura. O substrato a base de turfa misturado com 20% de casca de arroz carbonizada combinado com lâmina bruta de irrigação de 8 mm.dia⁻¹ proporciona crescimento adequado às mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, com os limites mínimos para a expedição à campo.

Palavras-chave: Produção de mudas. Turfa. Casca de Arroz Carbonizada. Timbaúva.

Abstract

The purpose of the present work was to evaluate the effect of different substrates and combined with irrigation water blade for the survival and growth of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings. The design used was randomized blocks for the parameter height (H), collected material diameter (CD) and H/D relationship, was constituted by a 4x5x3 factorial, with four combinations of peat-based commercial substrate (CS), mixed with carbonized rice husks (CRH), constituting the following treatments: S1 (100% CS), S2 (80% CS + 20% CRH), S3 (60% CS + 40% CRH) and S4 (40% CS + 60% CRH) and five gross water blade for daily irrigation (LB) (4, 8, 12, 16 and 20 mm), with plots subdivided in time (60, 90, 120 and 150 days). For the aerial dry mass (ADM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), the ADM/RDM ratio and Dickson Quality Index (DQI) used factorial 4x5, respectively, for the SC and irrigation blade factors. These parameters were obtained 150 days after sowing. The substrate based on peat mixed with 20% of carbonized rice hull combined with gross irrigation depth of 8 mm.dia⁻¹ provides the appropriate seedlings *Enterolobium contortisiliquum* growth with the minimum limits for shipment to the field.

Key words: Seedling Production. Peat. Carbonized Rice Husks. Timbaúva.

4.1 Introdução

A crescente preocupação social aliada às mudanças ocorridas na legislação florestal impulsionou o aumento da demanda por mudas de espécies nativas, com o objetivo de atender finalidades como restauração florestal, plantios comerciais, entre outros (DIAS et al., 2006). Independente do destino das mudas produzidas, essas devem ter alto percentual de sobrevivência e redução dos tratos culturais após o plantio, o que pode ser obtido só pela qualidade das mudas (CARNEIRO, 1995).

Dentre os diversos fatores que influenciam a produção de mudas, destacam-se o substrato e a irrigação. Quanto ao substrato é necessário reduzir custos, porém esse deve ser adequado, principalmente, em relação às características físicas, ou em relação à água.

Além dos aspectos econômicos, também existe a preocupação ambiental, influenciada pela escassez hídrica e pela contaminação do lençol freático pela lixiviação de nutrientes. Nesse sentido, embora várias formulações de substrato sejam conhecidas e utilizadas em viveiros florestais, pouco se sabe sobre sua influência no desenvolvimento de mudas florestais nativas quando combinadas à irrigação.

O controle da irrigação deve estar presente em todas as fases do viveiro, devido a fatores como as diferenças na exigência hídrica de cada espécie, assim, a setorização do viveiro é importante aliada ao conhecimento do viveirista, pois desta forma há otimização do uso da água e melhor crescimento das mudas (DIAS et al., 2006).

Existem estudos na literatura que abordam a exigência hídrica e o substrato adequado para espécies de interesse agrônomo e/ou ornamental (GALBIATTI et al., 2005; SOARES et al., 2012; NOYA et al., 2014), porém faltam informações direcionadas às espécies florestais nativas, visando produzir mudas de qualidade, com um menor custo de produção e menor tempo.

Segundo Gomes et al. (2002), os parâmetros que avaliam a qualidade das mudas prontas para o plantio são morfológicos e fisiológicos. Os parâmetros morfológicos como altura (H), diâmetro do coleto (DC) e massa seca área e radicular (MSA e MSR) tem sido os mais utilizados para determinação da qualidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2011), possivelmente, por serem mais facilmente obtidos e de menor custo. Entretanto, vários outros como relação H/DC, massa seca total, área foliar, número de folhas, volume e comprimento de raízes, taxas de crescimento e índices que abordam diversos parâmetros conjuntamente, também são utilizados por vários autores como Bernardi et al. (2012), Kratz e Wendling

(2013), Dutra et al. (2013), Trazzi et al. (2014), entre outros.

Conforme Morim (2014) a espécie *Enterolobium contortisiliquum* pertence à família Fabaceae, sendo considerada nativa do Brasil, porém não endêmica, com distribuição nas regiões Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul do país. A espécie é conhecida popularmente como timbaúva, timburi, tamboril, orelha-de-preto, cuja madeira é utilizada na armações de moveis, fabricação de barcos e caixotaria em geral, além de ser recomendada para o uso em reflorestamentos de áreas degradadas e paisagismo (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002).

A timbaúva, apesar de ser conhecida empiricamente, por sua plasticidade adaptativa em ambientes variados, ainda carece de informações silviculturais que visem otimizar o uso de insumos, como substrato de cultivo e quantidade de água necessária à irrigação.

4.2 Material e métodos

A descrição deste item, consta na seção nº 3, “Materiais e Métodos”, a qual foi elaborada de forma conjunta para ambos os capítulos desta dissertação.

4.3 Resultados

4.3.1 Sobrevivência das mudas

A sobrevivência observada em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* submetidas a diferentes substratos e lâminas de irrigação foi de 100% aos 120 dias após a instalação do experimento (150 dias após semeadura).

4.3.2 Parâmetros morfológicos

O uso de blocos foi eficiente na análise das variáveis altura (H) e diâmetro de coleto (DC), relação H/DC, indicando que o erro experimental foi reduzido pelo uso desse delineamento, porém para massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR e Índice de qualidade de Dickson (IQD) o delineamento não foi eficiente.

Observou-se para a altura e relação H/DC efeito significativo nas interações substrato x lâmina de irrigação, enquanto para o diâmetro do coleto (DC), houve diferença apenas para os fatores principais (substrato e lâmina) (Anexo 1).

Para a variável altura, de forma geral, a menor lâmina (4 mm.dia⁻¹) e a maior proporção de casca de arroz carbonizada (CAC), misturada ao substrato comercial, restringiram o menor crescimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. O acréscimo de 20% de CAC ao substrato comercial, quando associado à lâmina de irrigação (8 mm.dia⁻¹) proporcionou crescimento em altura de 82,42% quando comparado ao menor valor obtido para este parâmetro (Tabela 4).

No caso do DC, o substrato o S2 e S1 proporcionaram maior desenvolvimento em diâmetro. Enquanto para a lâmina de irrigação, o maior diâmetro do coleto ocorreu em 12 e 20 mm.dia⁻¹ (Tabela 4).

A relação H/DC, apesar de apresentar interação entre os fatores substrato e lâmina, não apresentou tendência capaz de melhor elucidar à decisão de uma lâmina diária de irrigação (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias de altura (H) (cm), diâmetro do coleto (DC) (mm) e relação H/DC (cm.mm⁻¹) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação.

| Variável | Substrato | Lâmina de irrigação (mm.dia ⁻¹) | | | | | Média |
|-------------------------------------|-----------|---|----------|----------|----------|----------|--------|
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | |
| H (cm) | S1 | 16,45 Ba* | 18,40 Ab | 18,44 Aa | 17,50 Aa | 18,24 Aa | |
| | S2 | 16,13 Ca | 19,57 Aa | 17,99 Ba | 17,92 Ba | 16,22 Cb | |
| | S3 | 16,93 Aa | 17,24 Ac | 17,08 Ab | 16,52 Ab | 16,83 Ab | |
| | S4 | 16,16 Aa | 16,56 Ac | 17,16 Ab | 16,49 Ab | 16,81 Ab | |
| DC (mm) | S1 | 5,53 | 5,66 | 5,71 | 5,37 | 5,87 | 5,63 a |
| | S2 | 5,66 | 5,89 | 5,75 | 5,52 | 5,63 | 5,69 a |
| | S3 | 5,21 | 5,17 | 5,36 | 4,99 | 5,31 | 5,21 b |
| | S4 | 5,09 | 5,02 | 5,36 | 4,75 | 5,32 | 5,11b |
| Média | | 5,37 B | 5,44 B | 5,55 A | 5,16 C | 5,53 A | |
| Relação H/DC (cm.mm ⁻¹) | S1 | 3,14 Bb | 3,39 Aa | 3,41 Aa | 3,39 Ab | 3,25 Ba | |
| | S2 | 2,99 Cb | 3,53 Aa | 3,28 Ba | 3,35 Ba | 3,02 Cb | |
| | S3 | 3,40 Aa | 3,48 Aa | 3,36 Aa | 3,42 Aa | 3,37 Aa | |
| | S4 | 3,34 Ba | 3,45 Aa | 3,31 Ba | 3,58 Aa | 3,30 Ba | |

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. S1= 100% substrato comercial (SC); S2= 80% SC + 20% casca de arroz carbonizada (CAC); S3= 60% SC + 40% CAC; S4= 40% SC + 60% CAC.

Os substratos apresentaram comportamento variável em diâmetro do coleto e relação H/DC, desde a primeira medição aos 30 dias após semeadura até 150 dias. Fato que não foi evidenciado para altura.

Para a variável diâmetro do coleto, ao observar o comportamento dos substratos no tempo (Figura 2 A), verifica-se que os valores para esta variável antes da aplicação das lâminas irrigação é muito similar em todos os substratos, até, aproximadamente, 60 dias. Posteriormente, S1 e S2 apresentam maior incremento do que S3 e S4, esse último demonstrando menor DC aos 150 dias.

As equações com comportamento quadrático indicam ajuste adequado ($R^2 > 0,99$). A relação H/DC mostra uma tendência interessante, em que todos os substratos reduzem a

relação com o passar do tempo no viveiro, porém expressam elevada variância dos dados, considerado os baixos coeficientes de determinação para todos os substratos (Figura 2 B).

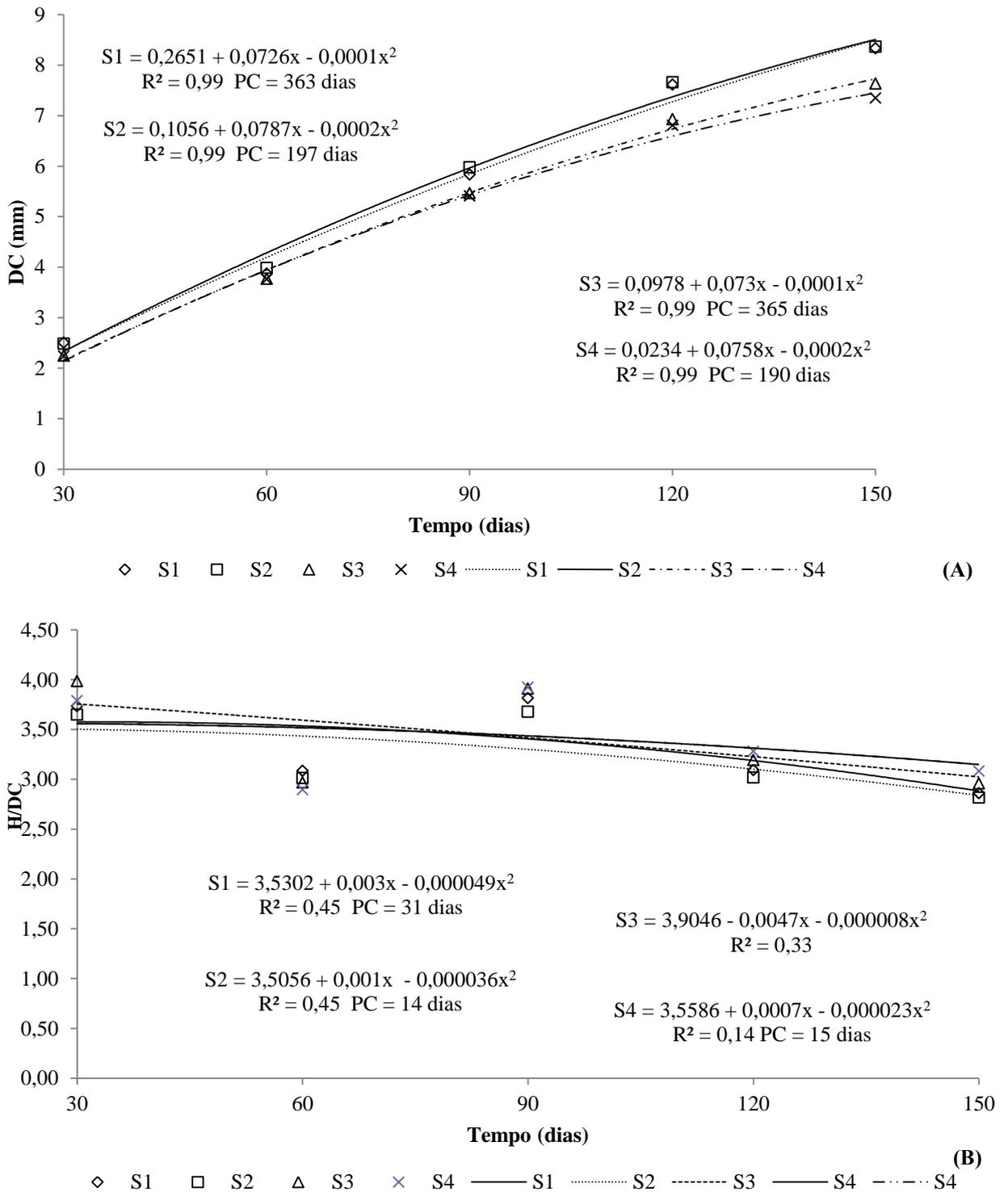


Figura 2 – Diâmetro do coleto (DC) (A) e relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC) (B) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função dos

substratos utilizados (S1= 100% substrato comercial – SC; S2=80% SC + 20% casca de arroz carbonizada – CAC; S3= 60% SC + 40 CAC; S4= 40% SC + 60% CAC), e respectivas equações com coeficiente de determinação e ponto crítico (PC).

Na análise da interação entre irrigação e tempo, para as três variáveis estudadas (H, DC e relação H/DC), observa-se que o crescimento em altura apresentou comportamento quadrático (Figura 3). Aos 30 dias após semeadura, momento no qual as mudas de *E. contortisiliquum* foram submetidas pela primeira vez nas lâminas de irrigação testadas, até os 60 dias, observa-se mesmo comportamento entre lâminas, entretanto, a partir de cerca de 90 dias, as lâminas de 8 e 12 mm.dia⁻¹ se destacaram positivamente, com pontos críticos aos 142 e 154 dias, respectivamente, enquanto 4 mm foi a lâmina que proporcionou menor crescimento em altura (Figura 3).

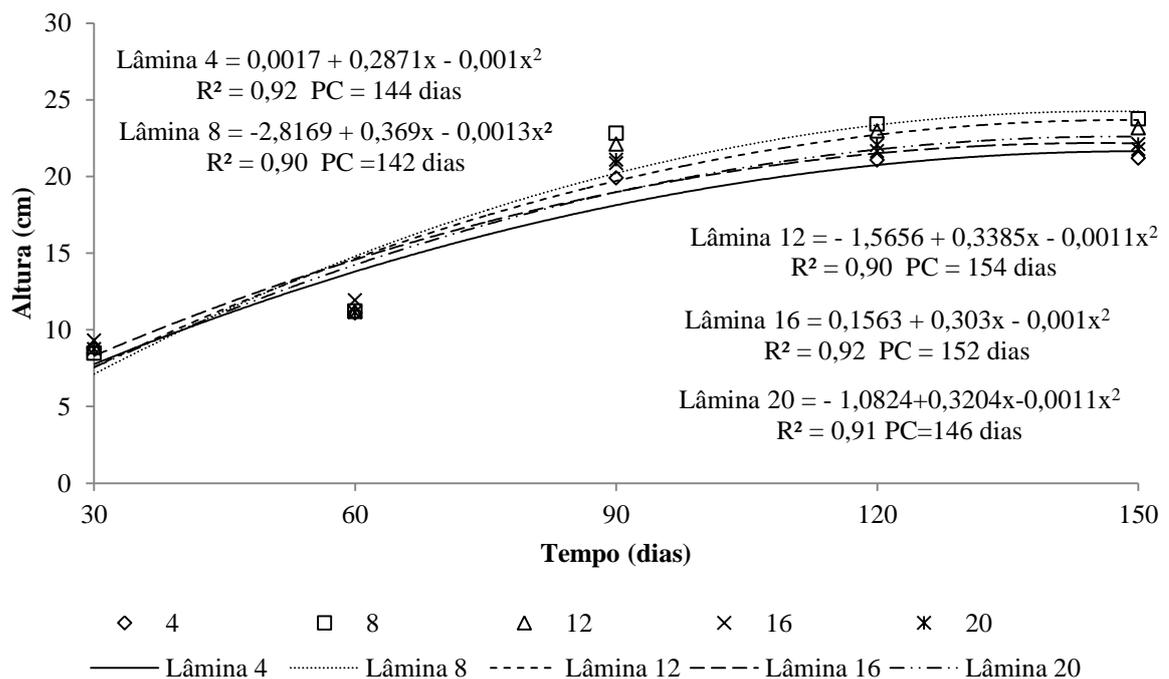


Figura 3 – Altura (cm) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após os semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), com equações com coeficientes de determinação (R²) e ponto crítico (PC).

Para o diâmetro do coleto, apesar das equações quadráticas representarem a distribuição dos dados coletados, observa-se menor inflexão da curva, quando comparado ao

comportamento da altura (Figura 4). Além disso, é nítido o menor desenvolvimento das mudas na lâmina de 16 mm, se destacando negativamente das demais a partir dos 90 dias da semeadura.

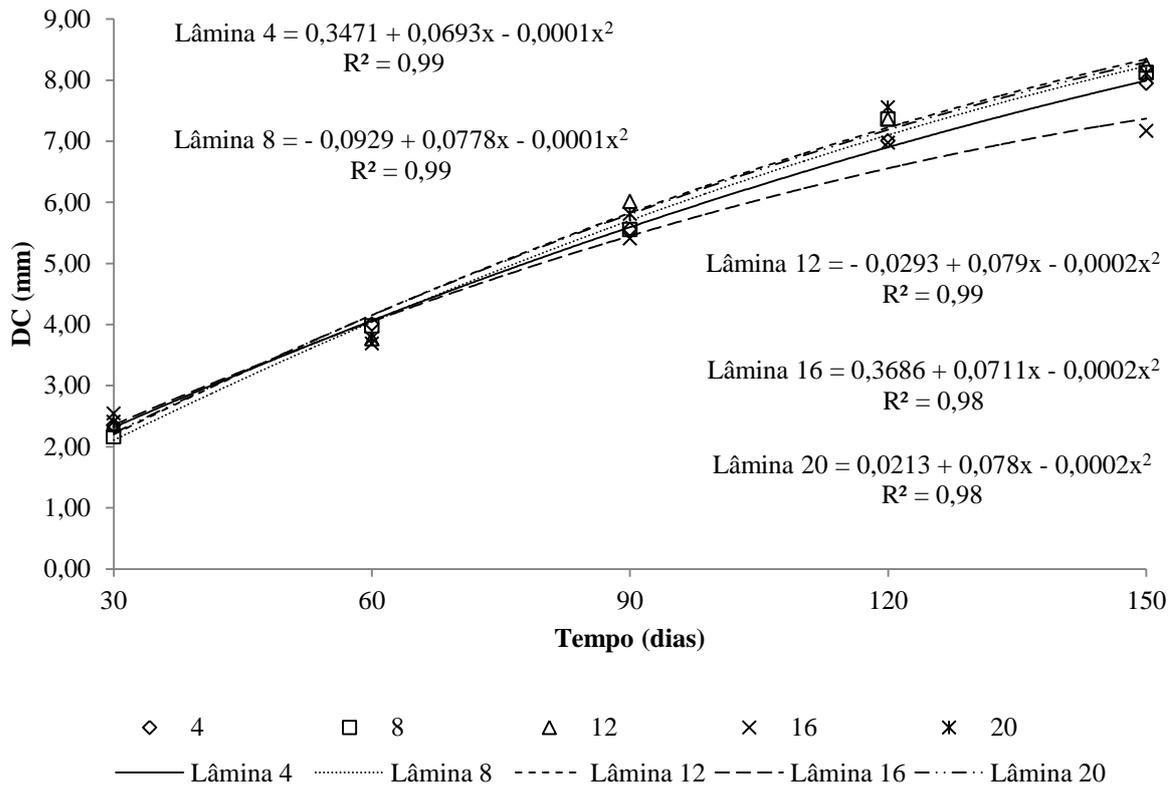


Figura 4 – Diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia⁻¹), com equações com coeficientes de determinação (R²).

A variável H/DC, apesar de novamente expressar claramente o maior crescimento do diâmetro do coleto do que em altura, com o passar do tempo da muda no viveiro, não permite que a equação represente os dados com confiabilidade, os quais apresentam dispersos e, conseqüentemente, resultam em baixo coeficiente de determinação (Figura 5).

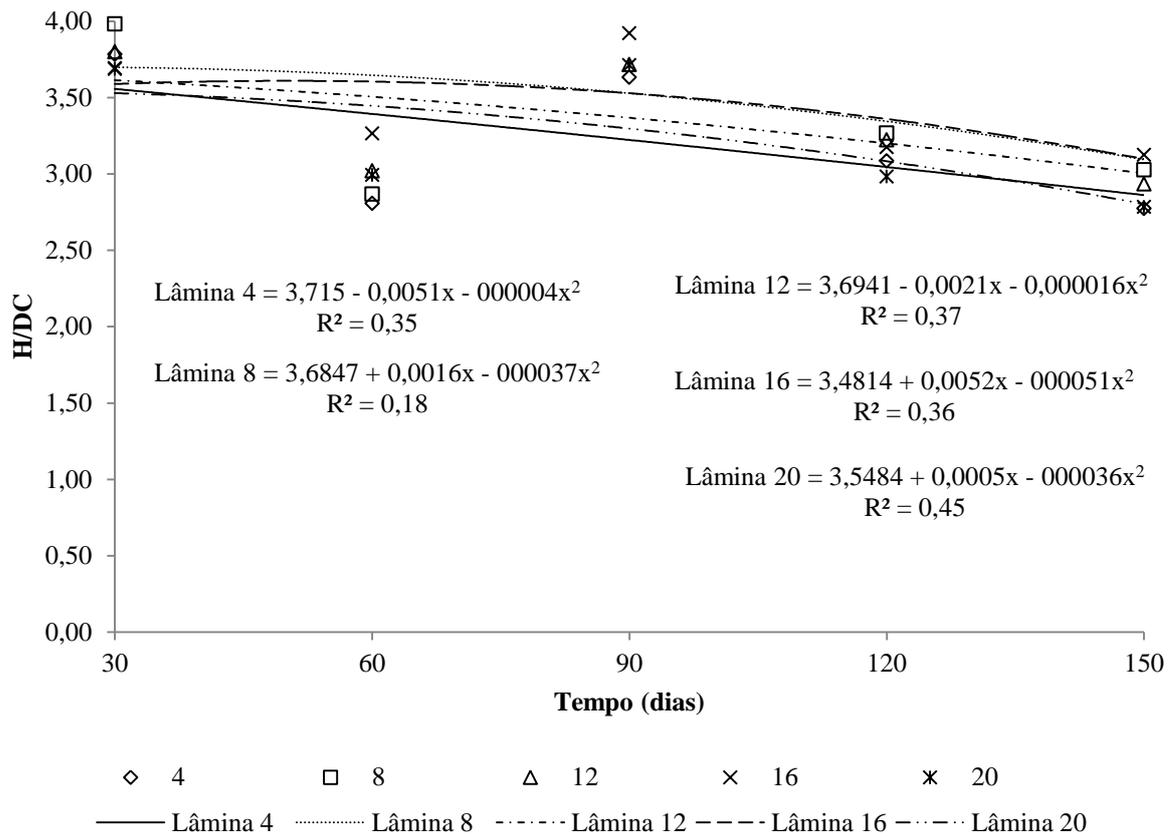


Figura 5 – Relação H/DC (cm.mm^{-1}) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o semeio, em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 8, 12, 16 e 20 mm.dia^{-1}), com equações com coeficiente de determinação (R^2).

Quando as características avaliadas foram massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca aérea/massa seca radicular (MSA/MSR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) observa-se efeito significativo apenas para o fator principal, lâmina de irrigação (Anexo 2).

Ao avaliar a MSA para mudas de *E. contortisiliquum*, o menor valor foi observado em 16 mm.dia^{-1} sendo este, em média, 63,66% menor em relação aos valores obtidos para as demais lâminas, possivelmente pelo fato de ter sido avaliada apenas uma muda por tratamento para os parâmetros de massa seca. Observa-se condição de crescimento mais restritivo, na análise da MSR e MST, cujos maiores valores foram constatados nas lâminas de 8 e 12 mm.dia^{-1} ($p < 0,05$, Tabela 5).

Para relação entre MSA/MSR as mudas submetidas às lâminas de 4 e 8 mm.dia^{-1} proporcionou valores mais equilibrados, com peso de 1,07 e 0,98 g, respectivamente. Enquanto, o IQD foi maior nas lâminas de 8, 12 e 20 mm.dia^{-1} , sendo estes superiores aos

obtidos para as lâminas 4 e 16 mm.dia⁻¹ (p<0,05, Tabela 5).

Tabela 5 – Médias das variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em função das diferentes lâminas de irrigação.

| Lâmina de irrigação.dia ⁻¹ | MSA (g planta ⁻¹) | MSR (g planta ⁻¹) | MST (g planta ⁻¹) | MSA/MSR | IQD |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| 4 mm | 2,26 a* | 2,30 b | 4,57 b | 1,07 a | 1,22 b |
| 8 mm | 2,74 a | 3,11 a | 5,85 a | 0,98 a | 1,51 a |
| 12 mm | 2,67 a | 3,38 a | 6,06 a | 0,83 b | 1,63 a |
| 16 mm | 1,55 b | 2,30 b | 3,85 b | 0,70 b | 1,02 b |
| 20 mm | 2,17 a | 2,77 b | 4,94 b | 0,84 b | 1,38 a |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

4.4 Discussão

Destaca-se que para as variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC, todos os valores médios obtidos para os fatores principais ou interações, são considerados adequados segundo Gonçalves et al. (2005) e Birchler et al. (1998), definindo mudas para expedição independente das diferenças estatísticas constatadas.

Contudo, as combinações S2 com 8 mm.dia⁻¹ e S1 com 12 mm.dia⁻¹ de irrigação satisfazem o maior número de parâmetros morfológicos indicadores da qualidade de mudas dessa espécie. A primeira, proporciona valores adequados de H, DC, relação H/DC, MSA, MSR, relação MSA/MSR, MST e IQD, enquanto a segunda dentre todos os parâmetros citados não satisfaz, apenas a relação MSA/MSR.

A sobrevivência de 100% das mudas de *E. contortisiliquum*, aos 150 dias após semeadura, independente das combinações substratos e lâminas de irrigação utilizadas, sugere a tolerância dessa espécie aos diversos tipos de substrato, assim como à reduzida ou elevada disponibilidade de água.

O maior valor médio em altura das mudas de timbaúva, foi obtido na combinação S2 com 8 mm de irrigação diária. Secundariamente, o S1 (substrato comercial puro), também seria interessante para o melhor crescimento da muda, porém proporcionaria maior custo com o substrato, sem que haja economia de água na irrigação (Tabela 4). A altura das mudas foi de

23 cm, após 150 dias da semeadura, quando se utilizou 8 mm.dia^{-1} , valor esse superior ao mínimo indicado por Gonçalves et al. (2005). Nesse mesmo manejo obteve-se o diâmetro do coleto de 9 mm e a relação H/DC de 2,6, também coerente com o referenciado pelos mesmos autores, que descreveram 20 a 35 cm de altura, e 5 a 10 mm de diâmetro do coleto, respectivamente, como mínimo e máximo. Assim, com base na altura mínima estabelecida, a relação H/DC adequada estará entre 2 e 4.

O aumento do diâmetro do coleto das mudas produzidas tanto em S2, como em S1, a partir de 90 dias, também é evidente, possivelmente porque no S3 e S4 com 40 e 60 % de casca de arroz carbonizada, respectivamente, ocorre maior lixiviação, proporcionando menor crescimento de diâmetro nesses substratos (Figura 2 A).

Com base nas Figuras 3 e 4, observa-se o maior incremento de H e DC, a partir de 90 dias de semeadura, nas lâminas 8 e 12 mm diários de irrigação, onde se evidencia o aumento da demanda de água pelas mudas. Entretanto, as mesmas figuras sugerem que as mudas podem ser mantidas sob 4 mm de irrigação, aproximadamente, até 60 dias, momento em que apresentam em média 13,63 cm de altura e 4,14 mm de diâmetro do coleto.

Os demais parâmetros (MSA, MSR, MST, relação MSA/MSR e IQD) foram sensíveis somente para identificar lâmina.

Dessa forma, o objetivo de identificar a combinação substrato x lâmina, somente é possível utilizando-se todos os parâmetros conjuntamente, pois conforme se constata na Tabela 6, para obter maiores valores de altura utilizando S1 o mínimo de água necessária é 12 mm, enquanto utilizando S2 a irrigação pode ser reduzida para 8 mm, essa última lâmina mencionada, também sendo adequada para todos demais parâmetro (relação H/DC; MSA; MSR; MST, MSA/MSR e IQD).

A irrigação de 12 mm não deixa de ser uma alternativa quando combinada com S1, apesar de proporcionar uma menor relação MSA/MSR, o que reflete no maior equilíbrio proporcionado por S2 x 8 mm.dia^{-1} , além de aumentar custo de produção.

Assim, tendo em vista que comumente busca-se encontrar entre diversos parâmetros observados, evidência clara, capaz de identificar uma ou duas combinações que proporcionem mudas de melhor qualidade, ou seja, com maior altura, diâmetro do coleto, massa seca, Índice de qualidade de Dickson, e uma relação H/DC, que demonstre mudas sem estiolamento (GOMES e PAIVA, 2011), a visualização conjunta dos dados, conforme a Tabela 6 permitiu elucidar os resultados mais facilmente.

Tabela 6 – Resumo das características morfológicas altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST),

relação MSA/MSR, Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

| Parâmetro morfológico | Significância do fator principal | | Interação significativa Substrato x Irrigação |
|---|----------------------------------|---|---|
| | Substrato | Irrigação | |
| Altura (H) (cm) | | | S1 combinado com 12, 16 e 20; S2 com 8; S3 com 12 ($H \geq 22,37$ cm, aos 150 dias) |
| Diâmetro do coleto (DC) (mm) | | | S1 e S2 indiferente da irrigação utilizada ($DC \geq 7,41$ aos 150 dias) |
| Relação (H/DC) ($\text{cm} \cdot \text{mm}^{-1}$) | | | Sem tendência clara , todos resultados coerentes (H/DC entre 2,59 e 3,3) |
| Massa seca aérea (MSA) (g) | | 4, 8 , 12 e 20 $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ($>2,17$) | |
| Massa seca radicular (MSR) (g) | | 8 e 12 $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ($>3,11$) | |
| Massa seca total (MST) (g) | | 8 e 12 $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ($>5,85$) | |
| Relação MSA/MSR (g) | | 8 $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ($>0,98$) | |
| Índice de qualidade de Dickson (IQD) | | 8 e 12 $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ($>1,38$) | |

Comparativamente com outros estudos, Afonso et al. (2012), utilizando diferentes substrato na produção de mudas de timbaúva, verificaram no melhor tratamento, que aos 45 dias à altura das mudas mostrava-se superior ($\cong 60$ cm), valor que praticamente duplicou aos 180 dias. Apesar de mesmo com mudas expressivamente maiores em altura do que no presente estudo, os autores apresentaram valores inferiores de diâmetro ($\cong 6$ mm), massa seca aérea ($1,7 \text{ g planta}^{-1}$), massa seca radicular ($1,9 \text{ g planta}^{-1}$) e IQD (0,16) para o tratamento onde obteve-se maior altura.

As mudas de timbaúva, quando produzidas em sacos, conforme observado por Araújo e Sobrinho (2011), também apresentaram altura expressivamente maior (>40 cm), correspondente à massa seca aérea, porém com menor diâmetro e massa seca radicular no melhor tratamento identificado (substrato composto por solo, esterco bovino e casca de arroz carbonizada – 1:1:1).

Gonçalves et al. (2013), testando 16 substratos, constatou diâmetro do coleto de 7,1 mm, independente do substrato utilizado, e IQD próximo de 7 no melhor tratamento, representando semelhante diâmetro ao presente estudo e maior IQD, que por sua vez foi, possivelmente, potencializado pela altura e massa seca aérea.

Constata-se que nos diferentes manejos utilizados como comparação, a espécie

responde conforme sua característica de pioneira de rápido crescimento, porém direcionando os fotoassimilados de forma diferenciada, em relação a presente pesquisa.

Nos demais trabalhos foram observados o maior dispêndio da planta para aumentar em altura, enquanto neste a alocação foi de forma mais equilibrada na planta (parte aérea e radicular), evidenciada pela relação H/DC e acúmulo de matéria seca. Isso possivelmente tenha ocorrido por dois fatores: a) no presente trabalho as mudas foram alternadas na bandeja para 50% (uma célula com e outra sem tubete), no terceiro mês, reduzindo a competição em altura, quando comparado ao trabalho de Afonso et al. (2012); b) a produção em sacos de polietileno, com maior volume de substrato, permitiu o maior crescimento das mudas nas pesquisas de Araújo e Sobrinho (2011) e Gonçalves et al. (2013).

Contudo, resta o questionamento do por que a lâmina de 8 mm.dia⁻¹ e substrato com adição de 20% de casca de arroz carbonizada proporcionam adequado crescimento à timbaúva, a princípio acredita-se que a demanda de água esteja relacionada aos aspectos genéticos da espécie, adquiridos ao longo de muito tempo de evolução e, representando assim sua melhor adaptação.

A timbaúva é uma espécie, que naturalmente ocorre em solos úmidos, porém sem saturação hídrica (CARVALHO, 2003), isso sugere o motivo pelo qual a espécie se desenvolve sob disponibilidade hídrica moderada (8 mm.dia⁻¹), quando comparado a outras espécies com maior demanda como o *Eucalyptus grandis*, que apresenta melhor desenvolvimento em viveiro sob 12 e 14 mm (LOPES et al., 2007), *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), sob 4 mm e *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), sob 16 mm (DUTRA, 2012).

Quanto ao substrato a densidade seca nas quatro misturas testadas pode ser considerada baixa quando comparado com materiais de origem orgânica, porém é compatível com a mistura, pois a turfa apresenta de 100 a 200 Kg.m³, enquanto a casca de arroz carbonizada de 150 a 250 kg.m³ (KÄMPF, 2005), sendo que as variações observadas entre os mesmos ocorre devido as múltiplas combinações possíveis das diferentes partículas e forma de organização (FERMINO, 2002).

A quantidade de sólidos (15,39 a 16,97%), assim como a porosidade total (83,03 a 84,61%), foi semelhante entre todos os substratos. Entretanto, a espécie se mostrou exigente à maior disponibilidade de água, representada pela água facilmente disponível (AFD) e menor espaço de aeração (EA). Essa característica foi observada em S1 (AFD-21 e EA-28%) e S2 (AFD-19 e EA-32%), que apresentaram menor proporção de casca de arroz carbonizada em relação a S3 e S4 (Tabela 2). Dessa forma, S1 e S2, além de reduzir a lixiviação, por meio de

sua estrutura física, quimicamente apresentaram a maior condutividade elétrica, o que associada ao fertilizante de liberação controlada, supriu os nutrientes para o desenvolvimento das mudas, tendo em vista também o pH adequado, principalmente em S1 (pH 5,5).

Conforme, Kämpf (2005) para os substratos de origem orgânica, o pH recomendado deve estar entre 5 e 5,8, porém a maior proporção de casca de arroz poderá conduzir à alcalinidade, restringindo a disponibilidade de fósforo e micronutrientes às plantas. Assim, a mistura de 60% de CAC ao substrato comercial, foi prejudicial para a produção de timbaúva no presente estudo. Isso foi verificado em outros estudos, pois Guerrini e Trigueiro (2004) destacam que elevadas proporções de CAC, torna a produção inviável devido ao alto consumo de água.

Kratz et al. (2013) consideraram a casca de arroz carbonizada como um dos componentes capazes de proporcionar características físicas adequadas ao substrato, porém destacam a necessidade de adequar a adubação de base, de acordo com a mistura. Nesse sentido, a adubação de base utilizada nesse estudo, de 6 g L^{-1} de fertilizante de liberação controlada, foi suficiente, principalmente para a menor proporção da mistura, tendo em vista que o período de estudo apresentava temperatura média em torno de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, condição que juntamente com a irrigação, é ótima para a liberação dos nutrientes encapsulados.

Saidelles et al. (2009) em estudo realizado, também com mudas de *E. contortisiliquum*, verificaram que houve aumento no crescimento com a adição de até 50% de casca de arroz carbonizada (CAC) misturada com solo, para o preenchimento de tubetes de 90 cm^3 . Entretanto, o melhor tratamento testado, após 180 dias semeadura, apresentou valores inferiores de H (16 cm), DC (5,7 mm), MSA ($1,6\text{ g planta}^{-1}$), MSR ($1,1\text{ g planta}^{-1}$), MST ($2,7\text{ g planta}^{-1}$) e IQD (0,65), dos obtidos nesse estudo, corroborando o fato de que os substratos proporcionam comportamento altamente variável, conforme os componentes utilizados na mistura, assim como o manejo.

Diante dos resultados e as análises comparativas com os autores anteriormente citados, pode-se descrever que um substrato adequado para o desenvolvimento de timbaúva em tubetes de 110 cm^3 , apresenta densidade seca em torno de 135 Kg m^3 , espaço de aeração entre 28 e 32 %, água facilmente disponível entre 19 e 21% e pH entre 5,3 e 5,65. Assim, possivelmente, substratos com características semelhante, irrigado com 8 mm diários, proporcionarão adequado crescimento às mudas de timbaúva, assim como economia de água na produção das mesmas.

4.5 Conclusão

O substrato a base de turfa misturado com 20% de casca de arroz carbonizada combinado com lâmina bruta de irrigação de 8 mm.dia^{-1} proporciona crescimento adequado às mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, com os limites mínimos para a expedição à campo.

5. CAPITULO 2 – PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS COMO PREDITORES DA QUALIDADE DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação em combinação com substratos no desenvolvimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong por meio de parâmetros morfológicos em correlação com os fisiológicos. O trabalho foi desenvolvido no Viveiro Florestal, do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O delineamento utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições, constituindo um fatorial 4x3, sendo quatro combinações de substrato comercial a base de turfa (SC) misturado à casca de arroz carbonizada (CAC) nas seguintes proporções: 100% SC (S1), 80% SC + 20% CAC (S2), 60% SC + 40% CAC (S3) e 40% SC + 60% CAC (S4); e três lâminas brutas de irrigação diária (4, 12 e 20 mm). Aos 120 dias foi avaliada a altura, diâmetro do coleto, obtendo-se a relação H/DC, o teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides. Os dados foram submetidos às análises de correlação e de variância. Existe fraca correlação entre parâmetros morfológicos (altura e diâmetro do coleto) e fisiológicos (teores de clorofila e carotenoides) para mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. Parâmetros morfológicos e fisiológicos analisados conjuntamente indicam que o melhor desenvolvimento das mudas de *E. contortisiliquum* podem ser obtido em substrato com 80% de turfa e 20 de casca de arroz carbonizada, sob irrigação menor de 12 mm.dia⁻¹.

Palavras-chave: Substrato. Irrigação. Pigmentos fotossintéticos. Correlação.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of different depths of irrigation in combination with substrates in the development of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings using morphological parameters correlated with the physiological ones. The work was developed in the Tree Nursery of the Department of Forest Sciences, Federal University of Santa Maria (UFSM). The design used was random blocks with four repetitions, constituting a factorial 4x3, four combinations of peat-based commercial substrate (CS), mixed with carbonized rice husks (CRH), in the following proportions: S1 (100% CS), S2 (80% CS + 20% CRH), S3 (60% CS + 40% CRH) and S4 (40% CS + 60% CRH); and three gross slides for daily irrigation (4, 12 and 20 mm). At 120 days was assessed height, diameter, obtaining the H/DC ratio, the content of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll and carotenoids. The data were submitted to the correlation and variance analyses. There is poor correlation between morphological parameters (height and stem diameter) and physiological (chlorophyll content and carotenoids) for seedlings *Enterolobium contortisiliquum*. Morphological and physiological parameters analyzed together indicate that the best development of seedlings of *E. contortisiliquum* can be obtained in a substrate with 80% peat

and 20 carbonized rice husk under minor irrigation 12⁻¹ mm.dia.

Key words: Substrate. Irrigation. Photosynthetic pigments. Correlation.

5.1 Introdução

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong. pertence à família Fabaceae (MORIM, 2014), sendo conhecida popularmente como timbaúva, orelha-de-macaco, tamboril, dentre outros (BACKES; IRGANG, 2009; LORENZI, 2002). A espécie possui ampla distribuição geográfica ocorrendo desde a Colômbia, Peru, Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil (BACKES; IRGANG, 2009). Entre as utilizações da espécie Carvalho (2003) destaca o paisagismo, marcenaria, construção naval e recuperação de áreas degradadas, além de seu valor como forrageira e apícola (BACKES; IRGANG, 2009).

Recentemente, diversos estudos foram realizados com *E. contortisiliquum* abordando sobre sua germinação e a influência do substrato no desenvolvimento das mudas (LUCENA; CHAVES; GUERRA, 2007; NÓBREGA et al., 2008; LIMA et al., 2008; SAIDELLES et al., 2009; ARAUJO; SOBRINHO, 2011; AFONSO et al., 2012). Entretanto, há uma grande lacuna sobre a influência da irrigação no desenvolvimento desta espécie, e a influência na atividade fotossintética.

Conforme Salla, Rodrigues e Marengo (2007) a determinação dos teores de clorofila da folha permite inferir sobre a capacidade da planta absorver luz. Streit et al. (2005) descreveram que a presença dos pigmentos fotossintéticos e sua abundância variam de acordo com a espécie, sendo as clorofilas os pigmentos naturais mais abundantes existente nas plantas. Marengo e Lopes (2007) destacaram que fatores ambientais como água, temperatura, entre outros, influenciam no teor desses pigmentos no vegetal.

As clorofilas *a* e *b* e os carotenoides absorvem amplitude diferente do espectro de luz visível (400-azul a 700 nm-vermelho) (PRADO; CASALI, 2006), assim esses pigmentos presentes na folha interagem com maior ou menor eficiência com a radiação fotossinteticamente ativa, conforme seus teores.

Os carotenoides absorvem luz em comprimentos não absorvidos pela clorofila e a transferem para uso no processo fotossintético, sendo chamados pigmentos acessórios. Além disso, são agentes fotoprotetores liberando o excesso de energia antes que ela possa danificar as membranas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A qualidade das mudas pode ser avaliada por meio de parâmetros morfológicos e fisiológicos. Os morfológicos, principalmente a altura (H), o diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC, são mais facilmente caracterizados, representam análise não destrutiva, além de menor custo do que os parâmetros fisiológicos (GOMES; PAIVA, 2011). A altura e

diâmetro do coleto mínimo de mudas produzidas em tubetes é descrita por Gonçalves et al. (2005) como de 20 cm e 5 mm, respectivamente.

Por outro lado, antes do dano se expressar na morfologia externa da planta, processos fisiológicos já foram afetados, então podendo predizer condições inadequadas da planta, como, por exemplo, a redução do teor dos pigmentos fotossintéticos. Nesse sentido, no caso de ocorrer correlação significativa entre um parâmetro morfológico com um fisiológico, a medição do parâmetro morfológico poderá predizer o estado fisiológico da planta.

Assim, este estudo teve como objetivo analisar a correlação entre parâmetros morfológicos (altura e diâmetro do coleto) e fisiológicos (teor de clorofila e carotenoides nas folhas) das mudas de *E. contortisiliquum*, bem como identificar a influência do substrato e lâminas sobre esses parâmetros.

5.2 Material e Métodos

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram os pigmentos fotossintéticos, em que as concentrações de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*) e clorofila total (Chl total), bem como o teor de carotenoides foram determinados seguindo a metodologia descrita por Hiscox e Israelstam (1979) e estimados utilizando-se a fórmula de Lichtenthaler (LICHTENTHALER, 1987). Para isso, foi coletada, aos 120 dias, a quarta folha expandida de uma muda de cada tratamento (substrato) submetido às lâminas de 4, 12 e 20 mm.dia⁻¹.

Após estas foram congeladas em N₂ líquido e armazenadas em freezer a -20°C no laboratório de Fisiologia Vegetal/UFSM, até o momento da quantificação. As amostras foram maceradas com DMOS (dimetilsulfóxido) e aquecidas a 65°C por duas horas, sendo posteriormente centrifugadas. As absorbâncias do sobrenadante a 480, 645 e 663 nm foram determinadas em espectrofotômetro modelo SF325NM (Bel Engineering, Itália).

5.3 Resultados

5.3.1 Correlação entre parâmetros morfológicos e fisiológicos

Os parâmetros morfológicos mostraram-se, geralmente fracamente correlacionados com os fisiológicos, com exceção da altura e teor de clorofila *b* (Chl *b*), que apresentaram correlação regular significativa. As melhores correlações foram observadas em parâmetros morfológicos altura (H) e diâmetro do coleto (DC), e H com a relação H/DC, as quais são consideradas conforme Callegari-Jacques (2003) regulares e positivas, enquanto a correlação do DC e a relação H/DC é também regular, mas negativa (Tabela 7).

Houve forte correlação positiva entre os parâmetros fisiológicos: Chl *a* com Chl total e carotenoides; e Chl *b* com Chl total e carotenoides; e carotenoides com Chl total. Houve correlação regular positiva entre o teor de Chl *a* e Chl *b* (CALLEGARI-JACQUES, 2006) (Tabela 7).

Assim, pode-se observar através dos resultados obtidos, que entre os parâmetros fisiológicos, as correlações quando significativas, geralmente, foram mais altas quando comparadas às morfológicas.

Segundo Cargnelutti Filho et al., 2010 em situações extremas, as variáveis podem apresentar correlação linear negativa perfeita ($r = -1$) ou positiva perfeita ($r = 1$) ou, ainda, ausência de relação linear ($r = 0$), sendo o sinal positivo quando as duas variáveis são diretamente proporcionais e, negativo se estas são inversamente proporcionais.

Tabela 7 – Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros morfológicos e fisiológicos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. submetidos a diferentes substratos em combinação a diferentes às lâminas de irrigação aos, 120 dias.

| Parâmetro | H | DC | H/DC | Chl <i>a</i> | Chl <i>b</i> | Chl total | Carotenoides |
|--------------|--------------|---------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| H | 1 | | | | | | |
| DC | 0,47* | 1 | | | | | |
| HDC | 0,47* | -0,54* | 1 | | | | |
| Chl <i>a</i> | 0,18 | -0,1 | 0,24 | 1 | | | |
| Chl <i>b</i> | 0,35* | 0,24 | 0,08 | 0,46* | 1 | | |
| Chl total | 0,29 | 0,05 | 0,20 | 0,90* | 0,80* | 1 | |
| Carotenoides | 0,21 | -0,03 | 0,17 | 0,76* | 0,60* | 0,80* | 1 |

*significativo a 5%; H: altura; DC: Diâmetro do coleto; Chl *a*: Clorofila *a*; Chl *b*: Clorofila *b*; Ch total: Clorofila total.

5.3.2 Parâmetros morfológicos e fisiológicos

Para os parâmetros morfológicos não foi observada interação entre a lâmina de irrigação e o substrato (Anexo 3), apenas para o fator lâmina para a variável altura ($p < 0,05$) e para o fator substrato para a variável diâmetro do coleto ($p < 0,05$). As maiores alturas ($\cong 23$ cm) foram observadas nas lâminas 4 e 12 $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$, enquanto os maiores diâmetros de coleto foram observados para os substratos sem adição de casca de arroz carbonizada ou com reduzido proporção (20%) (Figura 6).

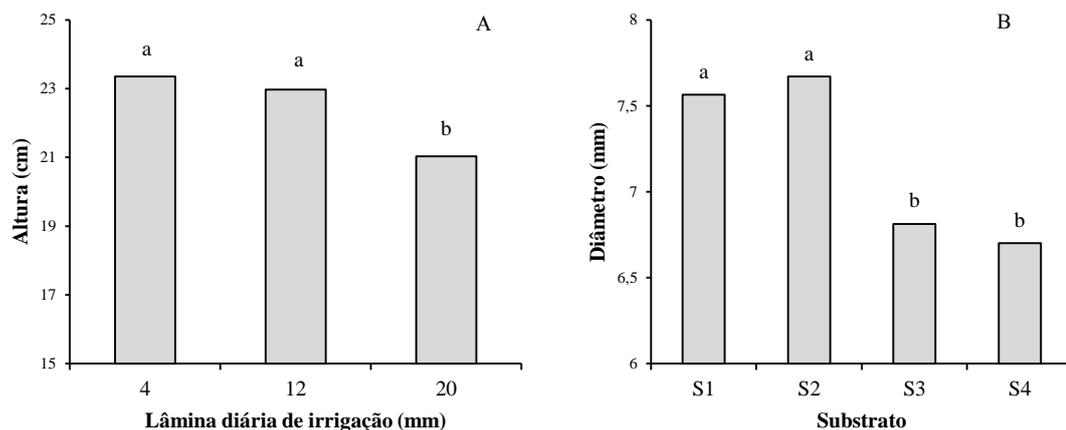


Figura 6 – Altura média (A) de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em função das lâminas de irrigação avaliadas (4, 12 e 20 $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$), e diâmetro do coleto (B) em diferentes substratos (S1= 100% substrato comercial – SC; S2= 80% SC + 20% casca de arroz carbonizada - CAC; S3= 60% SC + 40% CAC; S4= 40% + 60% CAC), 120 dias após o semeio.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) quando analisada a variável resposta clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total e carotenoides para as interações entre os fatores substratos x lâmina de irrigação (Anexo 3).

Para a análise do substrato S1 (100% substrato comercial - SC) para as lâminas de irrigação não houve diferença nos valores de Chl *a* entre as diferentes lâminas de irrigação, em S2 (80% SC + 20% casca de arroz carbonizada – CAC) as lâminas 4 e 12 $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ resultaram nos maiores teores de Chl *a*, em S3 (60% SC + 40% CAC) e S4 (60% SC + 40% CAC), ambos apresentaram mesma tendência para as diferentes lâminas, onde o maior valor

de Chl *a* foi obtido para a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ (Tabela 8).

Quando avaliados os desdobramentos das lâminas de irrigação dentro de cada substrato, observa-se que para a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ o menor resultado foi obtido para o substrato S1, sendo que o aumento da CAC em S2, S3 e S4 proporcionou maiores teores de Chl *a* (Tabela 8).

Para a lâmina de 12 mm.dia⁻¹, o maior valor de Chl *a* ocorreu com o uso do substrato S2, diferente do observado para maior disponibilidade hídrica, 20 mm.dia⁻¹, onde os substratos com menor quantidade de CAC, S1 e S2, proporcionaram menores valores para este pigmento (Tabela 8).

Ao analisar os dados de Chl *b* (Tabela 8) observa-se que para os substratos com maior e menor proporção de CAC, S1 e S4, os maior valores foram obtidos na lâmina de menor quantidade hídrica, 4 mm.dia⁻¹ e os menores valores encontrados nas lâminas maiores de 12 e 20 mm.dia⁻¹. Para o substrato S2 o uso da lâmina de 20 mm.dia⁻¹ proporcionou menor teor de Chl *b*, em S3 o menor teor foi obtido com o uso das lâminas de 4 e 20 mm.dia⁻¹.

Ao analisar a variável resposta Chl *b* em relação aos desdobramentos das lâminas de irrigação dentro de cada substrato avaliado, observa-se que para a lâmina de 4 mm.dia⁻¹, os maiores valores foram obtidos nos substratos S1, S2 e S4 respectivamente, para a lâmina de 12 mm.dia⁻¹ nos substratos S2 e S3, em relação a lâmina de 20 mm.dia⁻¹, houve não diferença significativa entre os substratos avaliados (Tabela 8)

Quando avaliados os valores de clorofila total, observa-se que para os substratos S1, S3 e S4 houve a mesma tendência, onde os maiores valores para este parâmetro foram observados quando as mudas foram submetidas a menor disponibilidade hídrica, que equivale neste estudo a lâmina de 4 mm.dia⁻¹. O substrato S2 apresentou resultados diferentes dos demais, sendo para este os maiores valores de clorofila total obtidos em 4 e 12 mm.dia⁻¹ e o menor valor observado em 20 mm.dia⁻¹ (Tabela 8).

Em relação ao desdobramento das lâminas de irrigação dentro de cada substrato em relação a variável resposta clorofila total, observa-se que para a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ os melhores resultados foram obtidos com a utilização dos substratos S2 e S4, sendo que S2 também apresentou melhor resultado em 12 mm.dia⁻¹, em 20 mm.dia⁻¹ o uso de S3 e S4 (Tabela 8).

Tabela 8 – Teor de clorofila *a*, *b* e total (mg.g.MV⁻¹) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação.

| Substrato | Clorofila <i>a</i> | | | Clorofila <i>b</i> | | | Clorofila total | | |
|-----------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| | 4 | 12 | 20 | 4 | 12 | 20 | 4 | 12 | 20 |
| | mm dia ⁻¹ | | | mm dia ⁻¹ | | | mm dia ⁻¹ | | |
| S1 | 1,47 Ab* | 1,40 Ac | 1,43 Ab | 0,54 Aa* | 0,40 Bb | 0,33 Ba | 2,00 Ac* | 1,80 Bc | 1,76 Bb |
| S2 | 1,82 Aa | 1,82 Aa | 1,33 Bc | 0,61 Aa | 0,64 Aa | 0,28 Ba | 2,43 Aa | 2,45 Aa | 1,61 Bc |
| S3 | 1,90 Aa | 1,52 Bb | 1,58 Ba | 0,31 Bb | 0,55 Aa | 0,38 Ba | 2,22 Ab | 2,07 Bb | 1,96 Ba |
| S4 | 1,85 Aa | 1,62 Bb | 1,56 Ba | 0,62 Aa | 0,41 Bb | 0,38 Ba | 2,47 Aa | 2,03 Bb | 1,94 Ba |

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. S1= 100% substrato comercial (SC); S2= 80% SC + 20% casca de arroz carbonizada - CAC; S3= 60% SC + 40% CAC e S4= 40% SC + 60% CAC.

Ao analisar os dados obtidos para a variável resposta teor de carotenoides, para o substrato S1 não houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação avaliadas (Tabela 9).

Os substratos S2 e S3 apresentaram tendência semelhante entre si, onde as lâminas 4 e 12 mm.dia⁻¹, apresentaram maiores teores de carotenoides, no substrato S4 na lâmina de 4 mm.dia⁻¹ (Tabela 9).

Ao avaliar os desdobramentos das lâminas dentro de cada substrato para o teor de carotenoides, pode-se inferir que, para a lâmina de 4 mm.dia⁻¹ os substratos com maior quantidade de CAC (S2, S3 e S4) apresentaram resultados superiores, em 12 mm.dia⁻¹ para S2 e S3 e para 20 mm.dia⁻¹ em S3 e S4 (Tabela 9).

Tabela 9 – Teor de carotenoides (mg.g.MV⁻¹) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em função das diferentes composições de substrato e lâminas de irrigação.

| Substrato | Lâmina de irrigação.dia ⁻¹ | | |
|-----------|---------------------------------------|---------|---------|
| | 4 mm | 12 mm | 20 mm |
| S1 | 0,46 Ab* | 0,42 Ab | 0,44 Ab |
| S2 | 0,53 Aa | 0,54 Aa | 0,43 Bb |
| S3 | 0,53 Aa | 0,53 Aa | 0,49 Ba |
| S4 | 0,53 Aa | 0,43 Bb | 0,47 Ba |

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. S1= 100% substrato comercial (SC); S2= 80% SC + 20% casca de arroz carbonizada - CAC; S3= 60% SC + 40% CAC e S4= 40% SC + 60% CAC.

5.4 Discussão

Evidencia-se com base nos resultados que a observação dos parâmetros morfológicos H e DC e da relação H/DC, os quais são mais facilmente obtidos nos viveiros, não permitem identificar ou referenciar sobre teores de clorofila e carotenoides de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. Acreditando-se que dentro de mesmas condições de luminosidade, as caracterizações desses teores de pigmento referenciem sobre o estado fotossintético da planta e, com isso, na disponibilidade de fotoassimilados, a existência de correlações significativas entre os parâmetros morfológicos e fisiológicos, reduziria o esforço e o custo das análises, fato que não ocorreu no presente estudo.

A chance do aumento da altura proporcionar aumento teor de clorofila (correlação positiva) é de 35%, contudo tecnicamente torna-se inadequada a substituição da análise da clorofila pela de altura, quando se deseja inferir sobre esse parâmetro fisiológico. Uma explicação para o fato é que com aumento da altura ocorre, geralmente, o aumento do número e tamanho das folhas, e com isso o sombreamento lateral entre mudas, aumenta o teor de Chl *b* (ENGEL; POGGIANI, 1991).

Entre os demais parâmetros com correlações significativas positivas (quando o aumento de uma variável aumenta a outra e vice-versa); ou negativa (quando o aumento de uma proporciona a redução da outra), também não indica-se a exclusão de nenhum, pois H e DC são facilmente obtidos e com baixo custo. Enquanto a obtenção dos teores dos pigmentos fotossintéticos segue mesma metodologia, até a leitura, que é realizada por diferentes absorvâncias do sobrenadante (480, 645 e 663 nm) em espectrofotômetro, não exigindo maiores esforços na determinação do que a própria leitura e aplicação dos resultados em equações próprias para determinação do teor de Chl *a*, Chl *b* e carotenoides.

Os parâmetros morfológicos altura e diâmetro do coleto mostraram-se sensíveis aos fatores isolados (irrigação e substrato, respectivamente). Porém, indiferente a esse fato ambos indicam que as mudas estão aptas à expedição (GONÇALVES et al., 2005) aos 120 dias pós-plantio, não necessariamente necessitando permanecer no viveiro até 143 dias, conforme descrito no Capítulo 1.

Em relação aos parâmetros fisiológicos avaliados neste estudo, os valores de clorofila *a*, *b* e clorofila total demonstraram, de maneira geral, que quanto menor a disponibilidade de água, maior foi a presença destes pigmentos para mudas de *E. contortisiliquum*, ou seja observa-se a tendência de redução das clorofilas é inversamente proporcional à lâmina de

irrigação, principalmente no substrato com menor espaço de aeração, o qual retém mais água. Conforme Marengo e Lopes (2007), o estresse hídrico (falta ou excesso de água) acelera a taxa de degradação da clorofila, assim como reduz sua síntese.

Em relação ao teor de carotenoides presente nas mudas de *E. contortisiliquum* observa-se maior concentração deste pigmento, também quando há menor quantidade de água disponível para as mudas. Os carotenoides, chamados pigmentos acessórios, compreendem os carotenos e as xantofilas (MARENCO; LOPES, 2007). Os compostos carotenoides presentes nas plantas tem uma função dupla como pigmentos acessórios capturando a energia da luz, e como moléculas capazes de dissipar o excesso de energia de excitação na forma de calor para evitar danos maiores às plantas (MANRIQUE, 2003).

Afonso et al. (2012) estudando o teor de clorofilas em mudas também de *Enterolobium contortisiliquum*, observaram valores semelhantes de clorofila *a* e total, entretanto mais do que o dobro do teor de clorofila *b*, fato que pode estar associado à elevada altura das mudas, com reduzido diâmetro, proporcionando o seu maior sombreamento lateral, quando comparado ao presente estudo, onde as mudas foram distribuídas alternadas na bandeja, aumentando o espaço horizontal de crescimento. Dessa forma, os resultados descritos pelos autores, anteriormente mencionados, corroboram parcialmente os obtidos nesse estudo, podendo-se tomar os teores de clorofila *a* e total de ambos os estudos, como referência da espécie.

Contudo a espécie *E. contortisiliquum*, quando avaliada somente em relação aos parâmetros morfológicos, respondem melhor à irrigação entre 4 e 12 mm dia⁻¹, então não sendo uma espécie altamente exigente de água, porém apresenta exigência quanto ao substrato, o qual não pode ser excessivamente poroso (Tabela 1). Os parâmetros fisiológicos (teor de clorofilas e carotenoides), demonstram que as maiores lâminas de água são limitantes para o desenvolvimento das mudas, assim como os substratos, indicando-se então como adequado aqueles com cerca de 30% de espaço de aeração e 20% de água facilmente disponível

5.5 Conclusão

Existe fraca correlação entre parâmetros morfológicos (altura e diâmetro do coleto) e

fisiológicos (teores de clorofila e carotenoides) para mudas de *Enterolobium contortisiliquum*.

Parâmetros morfológicos e fisiológicos analisados conjuntamente indicam que o melhor desenvolvimento das mudas de *E. contortisiliquum* podem ser obtido em substrato com 80% de turfa e 20 de casca de arroz carbonizada, sob irrigação menor de 12 mm.dia⁻¹.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enterolobium contortisiliquum (timbaúva) apresenta determinada exigência de substrato para produção de mudas, o qual deve apresentar em torno de 30% de espaço de aeração e 20% de água facilmente disponível. Essa espécie apresenta intermediária demanda por água ($\cong 8\text{mm.dia}^{-1}$), condição em que pode apresentar adequado desenvolvimento, com rápida expedição do viveiro para o campo (120 a 150 dias).

Destaca-se que, apesar de em alguns trabalhos mostrarem contradição entre os parâmetros morfológicos e fisiológicos utilizados, nesse estudo, todos foram importantes, pois se complementaram na indicação do melhor substrato e lâmina de irrigação para o desenvolvimento da espécie.

Recomendam-se em estudos futuros, que sejam coletados todos os dados (morfológicos e fisiológicos) na mesma ocasião, visando uma discussão conjunta e mais ampla, avaliando possíveis correlações existentes e que não foram possíveis nessa pesquisa, pois parte dos dados foram coletados aos 120 dias após semeadura (H, DC, H/DC e pigmentos fotossintéticos), e outros aos 150 dias (H, DC, HDC, MSA, MSR, MST e IQD).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M. V. et al. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong.). **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, nov./dez. 2012.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM. 1999, 142p.

ARAÚJO, A. P.; SOBRINHO, S. P. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, Edição Especial, p. 581-588, 2011.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. Porto Alegre, RS: Paisagem do Sul. 2009, 332p.

BARRETO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae e Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) MORONG. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 223-232, 2011.

BERNARDI, M. R. et al. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.

BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. Madrid, **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 2, p. 117-123, 1997.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255p.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de

correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1363-1371, dez. 2010.

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

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

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

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 1 ed., 2008. 175p.

DUTRA, A. F. **Produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DUTRA, T. R. et al. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafistula. **Revista Ceres**, Viçosa. v. 60, n. 1, p. 072-078, jan./fev. 2013.

EIRA, M. T. S.; FREITAS, R. W. A.; MELLO, C. M. C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) MORONG. – LEGUMINOSAE. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, n. 2, p. 177-181, 1993.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofilas nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Oficina Regional da la FAO para América Latina y el Caribe**, 2013. Disponível em: <http://www.rlc.fao.org/pt/paises/brasil/noticias/producao-mundial-de-cereais-deve-atingir-alta-historica-em-2013/>. Acesso em: 6 jan. 2014.

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

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D da. Plantios Florestais com Finalidade de Serviço e Benefícios Indiretos de Natureza Ambiental. In: **Formação de Povoamentos Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. cap. 3, p. 43-49.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERRI, M. G. (Coord.) et al. **Fisiologia Vegetal 1**. São Paulo: EPU, 2 ed., 1985. 361p.

GALBIALTTI, J. A. et al. Substratos e lâminas de irrigação em duas espécies cítricas. **Irriga**, v. 10, n. 4, p. 341-348, nov./dez. 2005.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca e arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: UFV, 2011. 116p. (Série Didática).

GONÇALVES, J. F. de C. et al. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e a reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p.8-14, jan. 2009.

GONÇALVES, F. G. et al. Emergência e qualidade de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1125-1133, 2013.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.309-350, 2005.

HISCOX, J.D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Can. J. Bot.**, v. 57, p. 1132-1334, 1979.

IMET. Instituto Nacional de Meteorologia – IMET 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>. Acesso em: 6 ago. 2014.

KÄMPF, A. N. et al. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília,DF: LK Editora e Comunicação, 2006. 132p.

KÄMPF, A. N. **Produção Comercial de Plantas Ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256p.

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

KRATZ, D. **Substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

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

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP:Santiago RIMA. 2000.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. The target plant concept In: Landis, T. D.; Dumroese, R. K.; Haase, D. L. **The Container Tree Nursery Manual**. Seedling Processing, Storage and Outplanting, v. 7, Agriculture. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010. cap. 1. p. 1-15.

LENHARD, N. R.; SCALON, S de. P. Q.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 870-8777, jul./ago. 2010.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol** 148:350–382, 1987.

LIMA, V. V. F de. et al. Germinação de espécies arbóreas de floresta estacional decidual do vale do rio Paranã em Goiás após três tipos de armazenamento por até 15 meses. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 89-97, 2008.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em

Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W. et al. Influência da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Santa Maria, n. 68, p. 97-106, ago. 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, p. 835-843. 2007.

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

LUCENA, A. M. A de.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Desenvolvimento de mudas de Cássia e Tamboril em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, n. 1, v. 2, p. 78-84, jan./jul. 2007.

MAEDA, S. et al. Caracterização de substratos para a produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 97-104. 2007.

MANRIQUE, E. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz. **Ecosistemas: Revista Científica y técnica de ecología y médio ambiente**. v. 1, Año XII, jan./abr. 2003.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2007. 469p.

MARIANO, K. R. S. et al. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodouon urundeuva* FR. ALL. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 853-859, out./dez. 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA Nº 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso em: 20 abr. 2014.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 73p, 1961.

MORIM, M. P. **Enterolobium: Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22961>>. Acesso em: 6 jan. 2014.

NAVROSKI, M. C. **Hidrogel como condicionador de substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2013. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2013.

NÓBREGA, R. S. A. et al. Efeito do composto do lixo urbano e calagem no crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 181-189, set. 2008.

NOYA, M. G. et al. Cultivo de *Steanachaenium megapotamicum* em diferentes regimes de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1, p. 79-84, jan. 2014.

NIYOGI, K. K. Safety valves for photosynthesis. **Plant Biology**, v. 3, n. 6, p. 455-460, 2000.

PAULA, C. A. A. et al. *Enterolobium contortisiliquum* trypsin inhibitor (EcTI), a plant proteinase inhibitor, decrease in vitro cell adhesion and invasion by inhibition of Src protein-focal adhesion Kinase (FAK) signaling pathways. **Journal of Biological Chemistry**, v. 287, n. 1, p. 170-182, jan. 2012.

PRADO, C. H. B. de A.; CASALI, A. C. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, SP: Manole, 2006. 448p.

PETRY, C. (Org.) et al. **Plantas ornamentais: aspectos para a produção**. 2 ed., rev. e ampl, Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 202p.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179-194, jul./dez. 2006.

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

RIBEIRO, E. S. et al. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong – (Mimosoidae) e *Guazuma ulmifolia* – (Sterculiaceae). **Revista Biodiversidade**, v. 11, n. 1, p. 23, 2012.

SAIDELLES, F. L. F. et al. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento. 1, p. 1173-1186, 2009.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, suplemento. 2, p. 159-161, jul. 2007.

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

SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecossistema**, v. 26, n. 1, jan./jun. 2001.

SOARES, F. C. et al. Consumo de água pela cultura do lírio, cultivado em substratos alternativos em condições de ambiente protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1001-1006, jun. 2012.

STORK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000. 198p.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. **As clorofilas** – Revisão Bibliográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, mai./jun. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720p.

THOMPSON, B. E. Establishing a vigorous nursery crop: bed preparation, seed sowing, and early seedling growth. In: Duryea, M.L.; Landis, T. D. (eds). **Forest Nursery Manual - Production of Bareroot Seedlings**. Forest Research Laboratory. Oregon: Oregon State University. 1984. p.41-49.

TRAZZI, P. A. et al. Crescimento e nutrição de mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos orgânicos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 24, n. 101, p. 49-56, mar. 2014.

WENDLING, I. et al., **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa:

Aprenda Fácil, 2002. 166p.

8. ANEXO

Anexo 1 - Resultado da Análise de Variância das variáveis altura, diâmetro do coleto e relação H/DC para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

| F.V | GL | Pr>Fc | | |
|------------------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Altura | Diâmetro | Relação H/DC |
| Bloco | 3 | 0,001* | 0,000* | 0,0020 ^{ns} |
| Substrato | 3 | 0,000* | 0,000* | 0,000* |
| Lâmina | 4 | 0,000* | 0,000* | 0,000* |
| Tempo | 4 | 0,000* | 0,000* | 0,000* |
| Substrato*Lâmina | 12 | 0,000* | 0,0232 ^{ns} | 0,0009* |
| Substrato*Tempo | 12 | 0,7498 ^{ns} | 0,000* | 0,0014 ^{ns} |
| Lâmina *Tempo | 16 | 0,000* | 0,000* | 0,000* |
| Substrato*Lâmina*Tempo | 48 | 0,5590 ^{ns} | 0,9919 ^{ns} | 0,772 ^{ns} |
| Erro | 3097 | | | |
| Total corrigido | 3199 | | | |
| CV (%) | | 25,70 | 18,26 | 23,89 |
| Média geral | | 17,28 | 5,40 | 3,34 |
| Nº de observações | 3200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 |

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott; ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Anexo 2 - Resultado da Análise de Variância das variáveis massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e relação MSA/MST para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

| F.V | GL | MSA | MSR | MST | Relação MSA/MSR |
|-------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Bloco | 3 | 0,9914 ^{ns} | 05148 ^{ns} | 0,7578 ^{ns} | 0,5233 ^{ns} |
| Substrato | 3 | 0,1210 ^{ns} | 0,8588 ^{ns} | 0,4237 ^{ns} | 0,5761* |
| Lâmina | 4 | 0,0007 | 0,0084* | 0,0009* | 0,000* |
| Substrato*Lâmina | 12 | 0,5772 ^{ns} | 0,1845 ^{ns} | 0,3073 ^{ns} | 0,5996 ^{ns} |
| Erro | 57 | | | | |
| Total corrigido | 79 | | | | |
| CV (%) | | 35,45 | 35,70 | 31,11 | 50,94 |
| Média geral | | 2,28 | 2,77 | 5,05 | 1,32 |
| Nº de observações | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott; ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; MSA/MSR = relação massa seca aérea/massa seca radicular; MST = massa seca total; IQD = índice de qualidade de Dickson.

Anexo 3 - Resultado da Análise de Variância das variáveis teor de clorofila *a* (Chl *a*), teor de clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total, carotenoides, altura e diâmetro do coleto aos 120 dias, para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

| F.V | GL | Pr>Fc | | | | | |
|-------------------|----|--------------|--------------|-----------|--------------|----------------------|----------------------|
| | | Chl <i>a</i> | Chl <i>b</i> | Chl total | Carotenoides | Altura | Diâmetro |
| Substrato | 3 | 0,000* | 0,0229* | 0,0000* | 0,0000* | 0,1547 ^{ns} | 0,0039* |
| Lâmina | 2 | 0,000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,0281* | 0,1581 ^{ns} |
| Substrato*Lâmina | 6 | 0,000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,8371 ^{ns} | 0,8178 ^{ns} |
| Erro | 22 | | | | | | |
| Total corrigido | 35 | | | | | | |
| CV (%) | | 2,67 | 14,57 | 4,17 | 3,89 | 9,34 | 8,55 |
| Média geral | | 1,61 | 0,45 | 2,06 | 0,48 | 22,45 | 7,19 |
| N° de observações | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |

* significativo a 5% de probabilidade pelo Scott Knott; ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; Chl *a* = clorofila *a*; Chl *b* = clorofila *b*; Chl total = clorofila total.