

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

**TECNOLOGIA DE SEMENTES E
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Handroanthus
heptaphyllus* (Mart.) Mattos SOB DIFERENTES
FORMAS DE MANEJO NO VIVEIRO E NO CAMPO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Thaíse da Silva Tonetto

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**TECNOLOGIA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos SOB
DIFERENTES FORMAS DE MANEJO NO
VIVEIRO E NO CAMPO**

Tháise da Silva Tonetto

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 Mudanças Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal.**

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. 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).

Tonetto, Thaíse da Silva
Tecnologia de sementes e desenvolvimento de mudas de
Handroanthus heptaphyllus (Mart.) Mattos sob diferentes
formas de manejo no viveiro e no campo. / Thaíse da Silva
Tonetto.-2014.
147 p.; 30cm

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

1. Ipê-roxo 2. Armazenamento de sementes 3. Produção
de plantas nativas 4. Plantio a campo 5. Parâmetros
morfológicos e fisiológicos I. Araujo, Maristela Machado
II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Thaíse da Silva Tonetto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: thaisetonetto@hotmail.com

**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

**TECNOLOGIA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos SOB
DIFERENTES FORMAS DE MANEJO NO VIVEIRO E NO CAMPO**

elaborada por
Thaíse da Silva Tonetto

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Maristela Machado Araujo, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Gilvano Ebling Brondani, Dr. (UFMT)

Rejane Flores, Dra. (IFFarroupilha)

Santa Maria, 19 de Fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por quão maravilhoso ele é comigo.

Aos anjos que foram surgindo em meu caminho...

...ao nascer na figura dos meus pais Elci e Elvio, dos meus avós Vilsa e José, Erminia e Ângelo, meus tios e padrinhos.

...aos meus oito anos de vida quando minha irmã Larissa nasceu.

...a minha segunda família Renan, Vânia, Tarcício e Mário.

...ao Renan Piveta pelo apoio, incentivo, auxílio nos trabalhos em qualquer dia e situação, a elaboração dos desenhos no Corel Draw[®] e pelo amor incondicional dado a mim, obrigada por tudo que fez durante a realização do meu mestrado, pois tenho a certeza que essa conquista também é tua.

...no ensino fundamental, médio, técnico e superior nos quais convivi com grandes mestres que me deram suporte no que diz respeito ao ensino e aprendizagem.

...ao final do primeiro ano de faculdade quando tive a oportunidade de iniciar minha iniciação científica no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM no qual pude aprender tudo que sei e, que me proporcionaram chegar ao mestrado.

...a minha orientadora, amiga, a quem chamo carinhosamente de minha segunda mãe, professora Maristela Machado Araujo, a qual acreditou na minha capacidade e me oportunizou de realizar mais esse sonho.

...aos professores Mauro Valdir Schumacher e Marlove Fátima Brião Muniz que fizeram parte da minha coorientação, obrigada pelas explicações quando fui até a sala de cada um de vocês.

...a Clair Walker pela identificação e quantificação dos fungos presentes nas sementes, obrigada por ter me ajudado nessa etapa.

...a banca formada pelos professores Rejane Flores e Gilvano Ebling Brondani, agradeço as contribuições para aparar as arestas desse trabalho e pela pronta disponibilidade em fazer parte da minha comissão examinadora.

...aos amigos e colegas de laboratório Adriana, Álvaro, Analissa, Ângela, Anicéli, Anna Paula, Bruno, Caira, Camila, Carén, Carol, Carla, Clair, Clarice, Cris, Dani G., Dani R., Dani U., Drica, Eduardo, Ezequiel, Felipe, Fernando, Fernanda A., Fernanda C., Fernanda G.,

Frã, Gica, Gisele, Indiara, Jaci, Jessé, Jéssica, Karla, Mari, Marta, Mônica, Nina, Pati, Rafael, Rose, Su, Suzane, Thairini e Vinício os quais conheci nesses seis anos.

...aos javaamigos, não citarei nomes, pois poderia não mencionar algum nome, os quais não me faltaram nas horas que mais precisei, o meu muito obrigada a cada palavra amiga, a cada piada feita naqueles momentos em que eu mais necessitava, valeu.

...ao Gervásio Mário pela companhia e confiança na realização das saídas de campo para efetuar a coleta de sementes, obrigada por ter feito essa etapa junto comigo.

...ao Dj Élinho Campanhol pela parceria no preparo de todos os experimentos, pelemos e tornamos esse sonho possível, só tenho agradecer ao senhor.

...a Maria Lima que quando o desânimo batia fazia um chá e chamava para a salinha do café para que assim pudéssemos descontrair, minha amiga de fé obrigada.

...ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) no qual realizei minha dissertação.

...a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido no período de desenvolvimento desse trabalho.

...a todos os professores do PPGEF por ampliarem os meus conhecimentos.

...a Cerlene e Rone que se tornaram amigas e me deixaram informada de todos os assuntos, o meu muito obrigada.

...a todos os colegas PPGEF da turma de 2012 que fizeram parte dessa caminhada.

Enfim, desculpe algum esquecimento, mas fica aqui o meu muito obrigada e a certeza de que todos tiveram seu papel na minha caminhada, que sem vocês seria muito árdua, e com a presença de vocês se tornou agradável.

Agradeço todo o esforço de vocês nessa minha jornada, agradeço muito aos que por muitas vezes deixaram de estar com sua família e/ou descansando para irem me ajudar aos sábados, domingos, feriados e inclusive férias.

Tenho a certeza de que não conseguiria estar cumprindo essa etapa sem os anjos-amigos que tenho ao meu lado.

Essa conquista além de minha é de vocês.

Valeu!

“Uma longa viagem começa com um único passo (LAO-TSÉ)”.

RESUMO

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

TECNOLOGIA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos SOB DIFERENTES FORMAS DE MANEJO NO VIVEIRO E NO CAMPO

AUTORA: THAÍSE DA SILVA TONETTO

ORIENTADORA: MARISTELA MACHADO ARAUJO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de Fevereiro de 2014.

A espécie *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) possui importância ecológica e comercial, sendo utilizada em diversos fins desde fins madeireiros até recuperação ambiental, além de fins medicinais. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar e estabelecer técnicas adequadas para o conhecimento do processo de produção de sementes e mudas florestais de *H. heptaphyllus*. As sementes coletadas no município de Santa Maria (RS) formaram o lote a ser estudado, esse foi dividido em duas porções, uma destinada ao experimento 1 e outra ao 2. No experimento 1, avaliou-se o grau de umidade – GU (4 repetições de 25 sementes) e a condutividade elétrica - CE (duas quantidades de sementes - 25 e 50 e, três volumes de água destilada – 25, 50 e 75 mL). Além de avaliar diferentes substratos (papel mata-borrão, papel filtro, vermiculita, areia, ambos nos arranjos sobre e entre, além do rolo de papel), visando um com maior germinação (G). No experimento 2, as sementes foram armazenadas por 300 dias em três ambientes (sala seca e fria – SSF – 18°C e 49% de Umidade Relativa (UR); câmara fria e úmida - CUF – 8°C e 80% UR e; câmara seca e fria – CSF – 7,5°C e 55% UR). Após esse período, determinou-se o GU, CE, G e sanidade. Em viveiro avaliou-se o efeito de dois volumes de tubete (110 e 180 cm³) com quatro doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), NPK (18-05-09), nas doses de 0 (testemunha), 2,5; 5,0 e 7,5 g.L⁻¹. Aos 180 dias após o semeio as avaliações de altura (H), diâmetro coleto (DC), relação H/DC, massas secas e área foliar. No campo submeteu-se as mudas sob intensidades luminosas de 0 (pleno sol – PS – testemunha), 18, 50 e 70% de sombra, avaliadas durante 360 dias, verificando-se a sobrevivência, H, DC, H/DC, teor de clorofila total, relação clorofila *a*/clorofila *b*, teor de carotenoides, fluorescência inicial da clorofila *a* e eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II. O teste de germinação de sementes de *H. heptaphyllus* pode ser realizado sobre areia, com contagem inicial (PC) de plântulas aos 16 dias após a semeadura e final (UC) aos 19. O armazenamento das sementes de *H. heptaphyllus* por 300 dias pode ser realizado em SSF e/ou CSF, sendo a PC e UC aos 9 e 29 dias e, aos 14 e 23 dias, respectivamente, sendo que esta apresenta comportamento intermediário em relação ao dessecamento. A CFS foi o ambiente mais adequado para redução da incidência de patógenos. A espécie é exigente nutricionalmente respondendo a elevada dose de FLC, com dose mínima de 7,2 g.L⁻¹ para 110 cm³ e 6,1 g.L⁻¹ para 180 cm³, com potencial para responder a doses superiores a 7,5 g.L⁻¹. Mudas a campo de *H. heptaphyllus* apresentam sobrevivência elevada e crescimento adequado a PS, porém, não se recomenda 50 e 70% de sombreamento. Houve aumento dos níveis de clorofila total e carotenoides e, menor fluorescência da clorofila *a*. Recomenda-se a espécie em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, inclusive a PS.

Palavras-chave: Ipê-roxo. Armazenamento de sementes. Produção de plantas nativas. Plantio a campo. Parâmetros morfológicos e fisiológicos.

ABSTRACT

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

SEED TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT OF SEEDLINGS *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos UNDER DIFFERENT FORMS OF MANAGEMENT IN NURSERY AND FIELD

AUTHOR: THAÍSE DA SILVA TONETTO

ADVISER: MARISTELA MACHADO ARAUJO

Date and Place of Defense: Santa Maria, February. 19th, 2014.

The *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) species has ecological and commercial importance, being used for various purposes since timber purposes to environmental restoration, and medical purposes. Thus, the present study aimed to evaluate and establish appropriate technical knowledge for the production of forest seeds and seedlings of *H. heptaphyllus* process. The seeds collected in the municipality of Santa Maria (RS) formed the batch to be studied, this was divided into two portions, one for the experiment 1 and the other 2. In experiment 1, we assessed the degree of humidity - DH (4 replicates of 25 seeds) and electrical conductivity - EC (two quantities of seeds - 25 and 50, and three volumes of distilled water - 25 , 50 and 75 mL). In addition to evaluating different substrates (blotting paper, filter paper, vermiculite, sand, both on and between the arrangements in addition to the scroll), to one with higher germination (G). In experiment 2, seeds were stored for 300 days in three environments (dry and cold room - SSF - 18°C and 49 % Relative Humidity (RH); clammy chamber - CUF - 8°C and 80% RH and, dry chamber and cold - CSF - 7.5°C and 55% RH). After this period, it was determined DH, EC, G and health. Nursery evaluated the effect of two cartridge volumes (110 and 180 cm³) with four doses of controlled-release fertilizer (CRF), NPK (18-05-09) at doses of 0 (control), 2.5, 5.0 and 7.5 g.L⁻¹. At 180 days after sowing the reviews of height (H), diameter Collectors (DC), H/DC, dry mass and leaf area. In the field underwent seedlings under light intensities of 0 (full sun - PS - control), 18, 50 and 70% shade, evaluated for 360 days checking the survival, H, DC, H/DC, total chlorophyll content, chlorophyll *a*/chlorophyll *b*, carotenoid content, initial fluorescence of the chlorophyll maximum photochemical efficiency of photosystem II. The germination of seeds of *H. heptaphyllus* can be done on sand with initial count (IC) seedlings at 16 and end (EnC) at 19 days after sowing. The storage of seeds of *H. heptaphyllus* for 300 days can be held in SSF and/or CSF, with the IC and EnC at 9 and 29 days and, at 14 and 23 days, respectively, and this represents an intermediate behavior in relation to desiccation. The CFS was the most suitable for reducing the incidence of pathogens environment. The species is nutritionally demanding responding to high dose of CRF, with a minimum dose of 7.2 g.L⁻¹ to 110 cm³ and 6.1 g.L⁻¹ to 180 cm³, with the potential to respond to doses higher than 7.5 g.L⁻¹. Seedlings to field *H. heptaphyllus* have high survival and growth suitable for PS, however, not recommended 50 and 70 % shading. There were increased levels of total chlorophyll and carotenoids, and lower chlorophyll *a* fluorescence. The species in reforestation and restoration of degraded areas, including the PS is recommended.

Keywords: Ipê-roxo. Seed storage. Native plants production. Planting the field. Morphological parameters. Physiological parameters.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Esquema de distribuição dos recipientes de 110 e 180 cm³ na sua respectiva bandeja para a produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), Santa Maria, RS 77
- Figura 2** – Crescimento em altura (H) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 81
- Figura 3** – Crescimento em diâmetro do coleto (DC) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 83
- Figura 4** – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS.. 84
- Figura 5** – Massa seca de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS.. 86
- Figura 6** – Relação massa seca aérea/massa seca radicular (MSA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 86
- Figura 7** – Área foliar (AF) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 87
- Figura 8** – Dados climáticos mensurados durante o plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos..... 98
- Figura 9** – Demonstração esquemática do delineamento empregado no desenvolvimento a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em área anexa ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal, Departamento de Ciências Florestais, UFSM, Santa Maria, RS..... 99
- Figura 10** – Crescimento em altura (H) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no decorrer dos dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS..... 105
- Figura 11** – Crescimento em diâmetro do coleto (DC) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos para os tratamentos utilizados no decorrer dos dias após o plantio em campo.. 107
- Figura 12** – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos para os tratamentos utilizados no decorrer dos dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS..... 109

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Valores médios para grau de umidade (GU), porcentagem de germinação (G%) e condutividade elétrica (CE) de estudos realizados com sementes de espécies florestais submetidas ou não ao armazenamento 29
- Tabela 2** – Comparação entre as vantagens e desvantagens do uso de tubetes ou sacos plásticos na produção de mudas 35
- Tabela 3** – Funções resumidas dos macro e micronutrientes nas plantas 40
- Tabela 4** – Parâmetros morfológicos altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, Massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), Índice de qualidade de Dickson (IQD) resultantes de estudos realizados em viveiro e em campo para espécies florestais 46
- Tabela 5** – Valores médios de plântulas normais (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais (AN), sementes mortas (SM) e sementes duras (SD) de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes substratos no teste de germinação no tempo zero, Santa Maria, RS 63
- Tabela 6** – Valores médios de plântulas normais (G), índice de velocidade de germinação (IVG), sementes anormais (AN), mortas (SM) e condutividade elétrica (CE) de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no teste de germinação das sementes não armazenadas e após 300 dias de armazenamento, Santa Maria, RS 65
- Tabela 7** – Fungos associados a sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos armazenadas em diferentes ambientes após 300 dias de armazenamento, Santa Maria, RS 67
- Tabela 8** – Condutividade elétrica massal em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) após coleta e beneficiamento (tempo zero), Santa Maria, RS 69
- Tabela 9** – Condutividade elétrica massal ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos após 300 dias de armazenamento 70
- Tabela 10** – Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos produzidas em diferentes volumes de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS 89
- Tabela 11** – Sobrevivência de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 30 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS 103
- Tabela 12** – Crescimento em altura (H) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento em campo, Santa Maria, RS 104

Tabela 13 – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento em campo, Santa Maria, RS	109
Tabela 14 – Teor de clorofila total e carotenóides em mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS	111
Tabela 15 – Relação clorofila <i>alb</i> em mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS	113
Tabela 16 – Fluorescência inicial da clorofila <i>a</i> (F0) e rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) em mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos verificadas ao meio-dia (12h) em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS	116

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Condutividade elétrica massal média ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) com 25 sementes e 50 mL de água destilada em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no tempo zero proveniente de três armazenamentos após 300 dias..... 71
- Quadro 2** – Resumo dos parâmetros morfológicos das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos produzidas em diferentes volumes de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 90

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1** – Análise de variância (quadrado médio) para germinação do experimento 1 e 2 com sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em laboratório (tempo zero e 300 dias após o armazenamento), Santa Maria... 137
- Apêndice 2** – Análise de variância (quadrado médio) para condutividade elétrica (CE) do experimento 1 e 2 com sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em laboratório (tempo zero e 300 dias após o armazenamento), Santa Maria, RS 137
- Apêndice 3** – Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos verificadas no teste de germinação do experimento 1 (tempo zero), Santa Maria, RS.. 138
- Apêndice 4** – Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos verificadas no teste de germinação após 300 dias de armazenamento, Santa Maria, RS 139
- Apêndice 5** – Dados médios de temperatura (mínima, média e máxima) e umidade relativa durante o experimento sobre a Influência do tamanho de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS..... 140
- Apêndice 6** – Atributos físicos e químicos do substrato comercial a base de turfa sphagno e casca de arroz carbonizada nas diferentes dosagens de fertilizante de liberação controlada utilizado na produção de mudas em viveiro de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos, Santa Maria, RS.... 141
- Apêndice 7** – Características químicas e físicas do fertilizante de cobertura (9-45-15) e seus respectivos valores garantidos pelo fabricante 142
- Apêndice 8** – Análise de variância (quadrado médio) para a Influência do tamanho de recipiente e da adubação de base no crescimento de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS” 142
- Apêndice 9** – Atributos do subsolo no qual foram abertas covas para o plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS..... 143
- Apêndice 10** – Atributos físicos e químicos do substrato comercial a base de resíduo de cevada utilizado no momento do plantio para melhorar a qualidade física e química do solo de preenchimento das covas no plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS..... 144

- Apêndice 11** – Broca perfuratriz acoplada ao trator para a abertura covas (A), Cova aberta (B), Arcos para ancorar a tela de sombreamento (C), Colocação da muda na cova e incorporação substrato comercial a base de resíduo de cevada (D), Colocação da tela de sombreamento (E) das covas do plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS 145
- Apêndice 12** – Vista aérea do plantio a campo das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS.. 146
- Apêndice 13** – Dados médios de temperatura (mínima, média e máxima), umidade relativa e precipitação pluviométrica durante plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS 144
- Apêndice 14** – Adubação de base com NPK (5-20-20) em covetas em lados opostos (A), Irrigação por meio de mangueiras L (B), Cobertura morta (mulching) (C), Detalhe blocos (D) do plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS..... 146
- Apêndice 15** – Avaliação parâmetros fisiológicos fluorescência inicial (F0) e rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm): Adaptação ao escuro por 30 minutos com papel alumínio (A), Leitura por meio do Fluorômetro Junior Pam[®] (B), Interface com notebook (C) do plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS..... 147
- Apêndice 16** – Análise de variância (quadrado médio) para a Sobrevivência, crescimento inicial e parâmetros fisiológicos em campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS..... 147

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 A espécie <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos.....	25
2.2 Análise de sementes	26
2.2.1 Tolerância das sementes à dessecação e armazenamento.....	30
2.2.2 Fungos associados às sementes	32
2.3 Produção de mudas	34
2.3.1 Recipientes	34
2.3.2 Substrato	36
2.3.3 Importância da adubação de base	39
2.3.4 Parâmetros morfológicos e fisiológicos	41
2.4 Plantio de mudas a campo	48
2.5 Sombreamento	50
3 CAPÍTULO I - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos ACONDICIONADAS EM DIFERENTES AMBIENTES..	53
3.1 Introdução	55
3.2 Material e métodos	57
3.2.1 Coleta dos frutos, extração e local de pesquisa	57
3.2.2 Experimento 1 – Análise da qualidade fisiológica inicial das sementes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	58
3.2.2.1 Peso de mil sementes e grau de umidade	58
3.2.2.2 Análise de substrato adequado à detecção da qualidade fisiológica das sementes.....	58
3.2.3 Experimento 2 - Análise da qualidade fisiológica das sementes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> antes e após 300 dias de armazenamento.....	59
3.2.4 Experimento 3 – Condutividade elétrica massal de sementes.....	61
3.2.5 Delineamento e análise estatística	61
3.3 Resultados e discussões	62
3.3.1 Análise de substrato adequado à detecção da qualidade fisiológica das sementes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	62
3.3.2 Análise da qualidade fisiológica das sementes antes e após o armazenamento	64
3.3.3 Condutividade elétrica massal das sementes	69
3.4 Conclusão	72
4 CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DO RECIPIENTE E ADUBAÇÃO DE BASE NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos	73
4.1 Introdução	75
4.2 Material e métodos	76
4.2.1 Volume de substrato e doses de adubação de base	76
4.2.2 Delineamento e análise estatística	80
4.3 Resultados e discussões	81
4.4 Conclusão	91

5 CAPÍTULO III – SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos NO CAMPO SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE SOMBREAMENTO.....	93
5.1 Introdução.....	94
5.2 Material e métodos.....	96
5.2.1 Desenvolvimento de mudas a campo sob diferentes intensidades de sombreamento	96
5.2.1.1 Caracterização da área de estudo	96
5.2.1.2 Etapas inerentes ao plantio.....	97
5.2.1.3 Instalação e condução do experimento	97
5.2.1.4 Parâmetros morfológicos	100
5.2.1.5 Parâmetros fisiológicos	100
5.2.2 Delineamento e análise estatística.....	102
5.3 Resultados e discussões.....	102
5.3.1 Sobrevivência.....	102
5.3.2 Parâmetros morfológicos	104
5.3.2.1 Altura.....	104
5.3.2.2 Diâmetro do coleto.....	106
5.3.2.3 Relação altura/diâmetro do coleto.....	108
5.3.3 Parâmetros fisiológicos	110
5.3.3.1 Pigmentos fotossintéticos.....	110
5.3.3.2 Fluorescência inicial da clorofila <i>a</i> e rendimento quântico máximo do fotossistema II.....	115
5.4 Conclusão.....	117
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
7 APÊNDICES.....	137
7.1 Apêndices capítulo I.....	137
7.1.1 Análise de variância	137
7.1.2 Aspectos morfológicos plântulas normais no tempo zero e após 300 dias de armazenamento	138
7.2 Apêndices capítulo II	140
7.2.1 Dados de clima.....	140
7.2.2 Análise de substrato	140
7.2.3 Características químicas e físicas do fertilizante de cobertura	142
7.2.4 Análise de variância	142
7.3 Apêndices capítulo III.....	143
7.3.1 Análise de solo	143
7.3.2 Análise do substrato utilizado no preenchimento das covas	143
7.3.3 Dados de clima.....	144
7.3.4 Área do plantio anexa ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal.....	145
7.3.5 Análise de variância	147

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui uma das maiores reservas florísticas do mundo e grande vocação florestal, propiciada pelas condições climáticas e pela vasta extensão territorial, embora sua biodiversidade seja ameaçada em toda sua extensão, em função da ação antrópica, expansão da fronteira agropecuária e também pela fragmentação. Frente a isso, o conhecimento do comportamento silvicultural de plantas nativas é de fundamental importância, para atender programas de conservação e uso, uma vez que várias destas espécies são potencialmente aptas ao reflorestamento.

Atualmente, as mudanças na política ambiental previstas com as alterações do novo Código Florestal preveem um maior controle e fiscalização sobre as áreas de preservação permanente (APP's), principalmente, as matas ciliares. Tais mudanças proporcionaram um aumento da demanda por sementes e mudas de espécies florestais nativas, as quais podem ser utilizadas em reflorestamentos, produção de madeira ou na recuperação de áreas desmatadas, além de fins medicinais. Nesse sentido, estudos abordando a análise de sementes, qualidade de mudas e seu desenvolvimento no campo, servem para gerar conhecimentos silviculturais em relação às espécies selecionadas, além de subsidiar informações básicas para a elaboração de metodologia para análise de sementes, contribuir para as revisões de documentos importantes como: Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a), Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), para o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças previsto na Lei 10711/2003, Decreto 5153/2004 e normativas correlatas.

Paralelamente, é preciso que sejam disponibilizadas sementes viáveis e de adequada qualidade, as quais são essenciais para que o trabalho com indivíduos arbóreos tenha êxito. Assim sendo, pesquisas que promovam conhecimentos técnicos de espécies nativas, que contribuam para uma padronização na determinação da capacidade germinativa e dos testes de vigor, aplicáveis às sementes dessas espécies, são fundamentais, pois há a necessidade de qualificar a produção de mudas com baixo custo, e com qualidade morfofisiológica capaz de atender aos objetivos dos plantios (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005).

Dentre as espécies nativas com potencial para reflorestamento, destaca-se a *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos que é considerada importante para o abastecimento de madeira serrada e roliça, energia, celulose e papel, no paisagismo, reflorestamentos e recuperação ambiental, além de fins medicinais. Assim, tem-se como

problema de pesquisa a necessidade de investigar fatores envolvidos na cadeia produtiva de sementes e mudas de *H. heptaphyllus*.

Esse estudo justifica-se pelo potencial ecológico, mas também comercial do *H. heptaphyllus* (ipê-roxo), uma espécie nativa e, portanto, adaptada às condições regionais do Sul do Brasil, porém depende de pesquisas que esclareçam os processos acerca da produção de sementes e mudas com qualidade, visando à proposição de metodologias sobre melhores técnicas, o que contribuirá para a utilização da espécie em escala comercial.

Contudo, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar e estabelecer técnicas adequadas para o conhecimento do processo de produção de sementes e mudas florestais de *Handroanthus heptaphyllus*. Contudo, os objetivos específicos, os quais correspondem aos capítulos dessa dissertação, são:

- Capítulo I - Analisar o substrato adequado para a germinação de *H. heptaphyllus*, assim como o comportamento das sementes quando submetidas ao armazenamento sob diferentes ambientes.
- Capítulo II – Avaliar parâmetros morfológicos capazes de identificar tamanhos de recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada para a produção de mudas de *H. heptaphyllus*.
- Capítulo III – Avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de *H. heptaphyllus* no campo sob diferentes níveis de sombreamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A espécie *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos

A espécie *Handroanthus heptaphyllus* pertence à família Bignoniaceae, sendo conhecida como ipê-roxo, cabroé, ipê-da-flor-roxa, dentre outros, ocorrendo no Sul da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

O ipê-roxo é uma planta decídua, secundária tardia, semi-heliófila a heliófila, característica da mata na floresta pluvial atlântica, tendo dispersão ampla, porém bastante esparsa, podendo também ocorrer em formações abertas. Além disso, o ipê-roxo é comum na vegetação secundária, isto é, em capoeira e capoeirões, sendo que nessas formações a espécie pode se comportar como pioneira (CARVALHO, 2003), auxiliando na evolução dos ecossistemas (BACKES; IRGANG, 2002). A espécie atinge altura que varia de 5 a 20 m e tronco de 40 a 80 cm de diâmetro. A sua floração se dá durante os meses de julho a setembro com a planta totalmente ausente de folhagem. A frutificação ocorre nos meses de setembro até início de outubro, a coleta dos frutos deve ser efetuada no momento em que os primeiros iniciarem a abertura espontânea, apresentando então, dispersão anemocórica das sementes (CARVALHO, 2003).

A germinação das sementes de ipê-roxo ocorre entre 10 e 15 dias após a sementeira (REITZ et al., 1983) e apresenta potencial germinativo, geralmente, alta (71,8%), em até de 16 dias (WIELEWICKI et al. 2006). O crescimento de mudas é considerado rápido, ficando prontas para o plantio definitivo em quatro meses, no entanto, o desenvolvimento a campo é dito como moderado (LORENZI, 2002).

As sementes de ipê-roxo conforme Wielewicki et al. (2006) são classificadas quanto à tolerância ao dessecamento como ortodoxas, sendo armazenadas em condições de câmara fria e seca (12-17°C e 30-45% UR). Davide e Silva (2008) também classificaram as sementes dessa espécie como sendo ortodoxas, tolerando a secagem e armazenamento a baixas temperaturas (-20°C). Kageyama et al. (1992), observaram que sementes de *H. heptaphyllus* (com teor de umidade inicial – TU de 7% e, germinação - G de 73%) em diferentes ambientes, podem ser armazenadas por até 15 meses em câmara fria e seca (12°C e 50% de umidade relativa - UR) com um TU de 8% e G de 67% e, em câmara seca (20°C e 40% de

UR) com TU de 7% e G de 62%. Nesse mesmo estudo, aos 19 meses de armazenamento a germinação nesses ambientes decresce para 36 e 25%, desta forma, sementes de ipê-roxo mantêm sua viabilidade até 15 meses desde que armazenadas em ambiente controlado.

Conforme Carvalho (2003), essa espécie ocorre naturalmente em vários tipos de solos, em relevos planos a pouco ondulados, entretanto, em plantios experimentais tem crescido melhor em solos de fertilidade química média a alta, com propriedades físicas adequadas, como profundos, de boa drenagem e com textura que varia de franca a argilosa.

A madeira do ipê-roxo é dura e pesada considerada de elevada qualidade, com trabalhabilidade adequada, e com isso, pode ser usada em diversas aplicações (BACKES; IRGANG, 2002), como madeira serrada e roliça, energia, celulose e papel, no paisagismo, reflorestamentos e recuperação ambiental, além de fins medicinais (CARVALHO, 2003).

2.2 Análise de sementes

Estudos que avaliam não somente a tecnologia de sementes, mas também visam o entendimento da fisiologia envolvida no processo germinativo, possibilitam compreender o comportamento das espécies em sua condição natural (FIGLIOLIA; AGUIAR; SILVA, 2009). Portanto, para que haja a intensificação do uso de espécies florestais voltadas para fins comerciais, são necessários estudos sobre a germinação da semente dessas espécies, com a finalidade de fornecer subsídios para sua propagação, cujos objetivos seriam tanto a preservação quanto a utilização dessas plantas com os mais variados interesses (MELO; VARELA, 2006). Deste modo, o teste de germinação tem como objetivo gerar informações sobre o potencial máximo de germinação das sementes, o qual serve para comparar a qualidade de diferentes lotes e, também estimar a semeadura em campo, visando à produção de mudas, e o fornecimento de dados que possam ser utilizados juntamente com outras informações (BRASIL, 2009a).

Conforme Oliveira et al. (2008), o teste de germinação é o método mais utilizado para se determinar a qualidade de um lote de sementes, possibilitando a avaliação da viabilidade sob condições favoráveis. Nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009a) são indicadas as condições ideais de temperatura, substrato, aeração e umidade para as espécies, porém, dentre as espécies florestais representam, apenas, uma pequena parte do total listado nas RAS. A determinação das condições mais adequadas à realização do teste de germinação

demanda um volume considerável de pesquisas relacionadas ao ambiente de germinação e à qualidade dos lotes (OLIVEIRA et al., 2008). Além disso, fatores ambientais, intrínsecos à própria semente, e abióticos, como luz, temperatura e umidade, afetam diferentemente a germinação (BASKIN; BASKIN, 2001).

Considerando a Tecnologia e Análise de Sementes Florestais, a interpretação do teste de germinação depende do conhecimento da morfologia de plântulas, para que haja correta identificação das características de uma plântula normal. No teste de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes, considera-se germinada toda semente que pela emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais de seu embrião, demonstra aptidão para produzir uma planta normal no campo (BRASIL, 2009a). Conforme descrito em Brasil (2013) a estrutura essencial é definida pelo sistema radicular (raiz primária ou raízes adventícias) e parte aérea (hipocótilo, folhas primárias, cotilédones e catáfilos).

Aliado ao teste de germinação está o peso de mil sementes, o qual fornece informações sobre o tamanho das sementes, sendo também utilizado para calcular a densidade de semeadura e o número de sementes por embalagem, entre outros (BRASIL, 2009a). Nesse sentido é destacado que o peso de mil sementes de uma amostra varia de acordo com o teor de água das sementes, assim recomenda-se realizar a determinação do grau de umidade do lote estudado (BRASIL, 2009a).

Outra análise, que serve de subsídio para os testes de germinação, é o da condutividade elétrica, principalmente, quando se avalia sementes provenientes de diferentes condições, pois o mesmo permite avaliar o potencial fisiológico das sementes, o qual conforme Marcos Filho (2005) é baseado na premissa que sementes menos vigorosas (ou mais deterioradas) apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, conseqüentemente, liberam maiores quantidades de solutos (açúcares, ácidos graxos, proteínas, enzimas e, íons como K^+ , Ca^{2+} , Na^+ e Mn^{2+}) para o meio exterior. Esse mesmo autor infere que sementes menos vigorosas, com sistema de membranas mais desorganizado, apresentam leituras superiores. Para as espécies florestais esse teste apresenta dificuldades devido à necessidade de padronizar a quantidade de sementes, o período de embebição e o volume de água no qual as sementes serão imersas (PIÑA-RODRIGUES et al., 2004).

Para a realização de testes de germinação algumas especificações são necessárias, como estabelecer o tipo de substrato, a quantidade de água para umedecer e a aeração, bem como a temperatura e a luz apropriadas. Essas particularidades são necessárias à validação dos testes descritos nas RAS (BRASIL, 2009a) ou nas Instruções para Análise de Sementes de

Espécies Florestais (BRASIL, 2013). Entretanto, nesse último documento mencionado, das 319 espécies descritas, apenas 50 foram validadas, restando 269 espécies, além de outras da flora brasileira, para detalhar metodologias adequadas e capazes de caracterizar os diferentes lotes.

Dentre as diversas variáveis envolvidas no teste de germinação à escolha do substrato deve ser levado em consideração o tamanho da semente, a facilidade que o mesmo oferece para a realização das contagens e para a avaliação das plântulas, sua exigência com relação à quantidade de água e sua sensibilidade à luz (BRASIL, 2009a). Os tipos de substratos usados para testes de germinação em laboratório são: papel (mata-borrão, toalha e filtro), areia (granulometria 1 mm) e vermiculita (granulometria média ou fina) (BRASIL, 2013). Nos substratos as sementes podem ser distribuídas entre e sobre, com diferentes proporções utilizadas em cada disposição.

O substrato deve ser suficientemente úmido, durante todo o teste, a fim de manter as sementes úmidas para a germinação, porém não deve ser umedecido demasiadamente a ponto de formar película de água em torno das sementes, pois o excesso restringe a aeração e prejudica a germinação (BRASIL, 2009a). A temperatura adequada varia de acordo com espécie, mas conforme Brasil (2012) a mesma fica em torno de 25°C para as 25 espécies nativas listadas nesse documento, incluindo o gênero referido nesse estudo (*Handroanthus*) e, de acordo com Brasil (2013) esse valor pode variar em $\pm 2^\circ\text{C}$. A maioria das espécies germina tanto na presença quanto na ausência de luz, entretanto, recomenda-se o seu uso a fim de facilitar a avaliação e reduzir o ataque de microrganismos (BRASIL, 2009a).

Entre os diversos estudos de análise de sementes florestais destacam-se alguns como o de Melo e Eira (1995) com sementes de *Jacaranda acutifolia* (jacarnadá-mimoso) no qual não houve diferença entre os tratamentos testados, tanto em relação ao grau de umidade (GU) ao qual foi reduzido (GU inicial de 7,4 para 4,0%), verificado após secagem em estufa (22°C/72h), e do ambiente de armazenamento (temperatura ambiente, 5°C e -20°C). Neste estudo os autores verificaram que aos 365 dias em laboratório que as sementes perdem sua viabilidade, contudo, ficando viáveis até os 670 dias de armazenamento a 5°C e -20°C, ambas com germinação em torno de 85% (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios para grau de umidade (GU), porcentagem de germinação (G%) e condutividade elétrica (CE) de estudos realizados com sementes de espécies florestais submetidas ou não ao armazenamento.

Espécie Nome Popular Família	Armazenamento (dias)	Experimento	Tolerância ao dessecamento	GU (%)	Substrato	Fotoperíodo (h)	Temperatura (°C)	G (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	Fonte
<i>Jacaranda acutifolia</i> (jacarandá-mimoso) Bignoniaceae	670	Ambientes de armazenamento (temperatura ambiente, a 5°C e a -20°C) e teores de umidade (7,4% - testemunha, e 4%)	Ortodoxa	7,4* 4,0**	RP	-	25-30	82 85	-	Mello; Eira (1995)
<i>Handroanthus roseo-alba</i> (ipê-branco) Bignoniaceae	300	Ambientes de armazenamento (Laboratório com 21-31°C e 40-78% UR; Geladeira com 4-6°C e 38-43% UR; Câmara refrigerada com 14-20°C e 74-82% UR) e Embalagens (Polietileno; papel e lata)	Ortodoxa	7,9* 8,0**	EPMB	8	27	91 90 ^M	14,76 104,50 ^M	Borba Filho; Perez (2009)
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (ipê-roxo) Bignoniaceae	300	Ambientes de armazenamento (Laboratório com 21-31°C e 40-78% UR; Geladeira com 4-6°C e 38-43% UR; Câmara refrigerada com 14-20°C e 74-82% UR) e Embalagens (Polietileno; papel e lata)	Ortodoxa	8,3* 8,8**	EPMB	8	27	87 84 ^M	246,63 321,79 ^M	Borba Filho; Perez (2009)

*Refere-se início do armazenamento; **Refere-se ao final do armazenamento; ^M = maior valor observado no experimento após o armazenamento; EPMB = entre papel mata-borrão; RP = rolo de papel.

Conforme estudo realizado por Borba Filho; Perez (2009), avaliando duas espécies florestais nativas, três ambientes de armazenamento e três embalagens, observou-se que no início do armazenamento (grupo controle - GC) os valores de GU, de percentagem de germinação (G%) e condutividade elétrica (CE) das sementes de *Handroanthus roseo-alba* (ipê-branco) foram, respectivamente, de 7,9%, 91% e $14,76 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ e para, *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) de 8,3%, 87% e $246,63 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tabela 1).

No mesmo trabalho realizado por Borba Filho; Perez (2009) durante o armazenamento foram verificados GU em torno dos valores encontrados para o GC, contudo, para o G% houve perda de viabilidade aos 120 dias para as sementes das duas espécies mantidas em laboratório, independente da embalagem utilizada. Aos 300 dias de armazenamento *H. roseo-alba* e *H. impetiginosus* mantiveram sua capacidade germinativa para as embalagens testadas, as quais foram mantidas em ambiente de geladeira e câmara refrigerada, respectivamente, com 86 e 81%. Os valores de CE foram superiores ao GC no ambiente de laboratório para as duas espécies para qualquer das embalagens empregadas, entretanto, por outro lado, as armazenadas em geladeira e câmara refrigerada não foram superiores ao início do armazenamento (Tabela 1).

2.2.1 Tolerância das sementes à dessecação e armazenamento

O termo semente no sentido botânico refere-se ao embrião, composto de eixo hipocótilo-radicular ou eixo embrionário, envolto ou não por tecido de reserva e, protegido pelo tegumento ou testa (SALOMÃO; SOUSA-SILVA, 2003).

Assim, para Fonseca e Freire (2003) a capacidade fisiológica das sementes em tolerarem a dessecação no período pós-colheita é variável entre as espécies, sendo classificada como ortodoxas àquelas que são tolerantes a dessecação a graus de umidade próximos de 2 a 5%; intermediárias quando toleram a dessecação a graus de umidade em torno de 10 a 13%, com perda da viabilidade em níveis inferiores; e as sementes que toleram dessecação a graus de umidade entre 15 e 20%, sendo consideradas como recalcitrantes.

Davide e Silva (2008) propõem em relação ao comportamento de sementes e a tolerância ao dessecação que, sementes ortodoxas toleram a secagem (3-5%) e armazenamento a baixas temperaturas (-20°C) sem perder a viabilidade, as intermediárias toleram secagem até certo ponto (10-12%) e perdem viabilidade quando armazenadas a baixas

temperaturas (-20°C) e, as recalcitrantes não toleram o dessecamento e armazenamento a baixas temperaturas.

O princípio básico requerido no armazenamento é de manter o nível da qualidade das sementes, associado com as características do ambiente no qual se deseja manter as mesmas por um período maior (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Dessa forma, a manutenção da viabilidade da semente por um maior período permite a sua comercialização e utilização, mesmo fora da época de sua produção (BRASIL, 2008). Além disso, Oliveira (2012) salienta que a sazonalidade na produção de sementes que ocorre na maioria das espécies florestais, pode ser motivada pelos mais variados fatores, impossibilita o seu suprimento contínuo. Desta forma, é necessário suprir a demanda por sementes em períodos nos quais seja verificada a ausência de frutificação.

De acordo com Marcos Filho (2005) a longevidade das sementes é variável de acordo com o genótipo, mas o período de conservação depende do grau de umidade e das condições do ambiente de armazenamento. Nesse mesmo sentido, conforme Brasil (2008) entende-se por longevidade o período de tempo em que as sementes se mantêm vivas, para isso é necessário fazer o seu armazenamento em condições adequadas.

Deste modo, as condições específicas requeridas são a umidade e a temperatura, os quais são fatores preponderantes no armazenamento de sementes, sendo a longevidade prolongada quando a semente é estocada com baixa umidade e temperatura, sem o comprometimento do seu poder germinativo (LIMA JUNIOR, 2010). Assim, Villela e Peres (2004) salientam que dentre os ambientes controlados artificialmente, destinados ao armazenamento, destacam-se a câmara fria (temperatura inferior a 10°C e, alta umidade relativa - UR), câmaras secas (40 a 45% de UR) e câmaras frias e secas (5 a 10°C e, 40 a 45% de UR).

Para sementes ortodoxas conforme Brasil (2008) deve haver, como as condições ideais, baixas temperaturas e ar mais seco, ocorrendo assim à diminuição da sua respiração e menor absorção de água, dificultando o ataque de fungos e microrganismos, comuns em condições naturais, além de combater o aparecimento de insetos. Nesse mesmo documento, sementes recalcitrantes são aquelas que perdem rapidamente a sua viabilidade, não suportando secagem e armazenamento, as quais devem ser semeadas o mais rápido possível.

Para que haja a preservação da qualidade fisiológica de sementes em determinadas condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar é preciso estabelecer as embalagens mais adequadas, as quais serão utilizadas para o armazenamento, tendo em vista sua função de regular as trocas de umidade e oxigênio da semente com o ar, bem como

prevenir ataques de doenças e pragas (VILLELA; PERES, 2004). Deste modo, as sementes podem ser armazenadas em diferentes tipos de embalagens como sacos plásticos, de papel, de lona, de aniagem, juta ou pano e também, latas de alumínio (quando bem vedadas), vidros (como os de conserva) e embalagens de plástico (BRASIL, 2008). No decorrer do armazenamento a respiração das sementes deve ser mantida a nível mínimo, pois a atividade respiratória implica no consumo de produtos elaborados contidos na semente e de oxigênio, havendo conseqüente liberação de gás carbônico, água e calor (OLIVEIRA, 2012).

Desta forma, os fatores que afetam o armazenamento e a conservação de sementes conforme Carvalho e Nakagawa (2012) referem-se à longevidade e viabilidade natural, conteúdo inicial de umidade das sementes, temperatura, oxigênio e luz, embalagem, presença de fungos e insetos.

2.2.2 Fungos associados às sementes

As sementes podem conter e transportar microrganismos ou agentes patogênicos de inúmeros grupos taxonômicos, causadores ou não de doença. Do ponto de vista ecológico, esses agentes podem ser agrupados em organismos de campo, nos quais predominam espécies fitopatogênicas, e organismos de armazenamento, que contribuem com pequeno número de espécies que deterioram as sementes nesta fase (BRASIL, 2009b). A maior parte dos patógenos transmitidos por sementes não podem ser detectados visualmente, estando às mesmas contaminadas por esporos invisíveis na parte externa ou, por micélios infectando internamente (JACCOUD-FILHO; DABUL, 2011).

Dessa forma, a importância dos patógenos associados às sementes é evidente, porém, são escassas as informações a respeito da qualidade sanitária das sementes de espécies florestais nativas (BOTELHO; MORAES; MENTEN, 2008). De forma semelhante Nascimento et al. (2006) descreveram que a maioria das espécies florestais nativas, apresentam poucos estudos sobre a ocorrência de fungos potencialmente patogênicos, tanto internos quanto externos às sementes. Somado a isso, segundo os mesmos autores, está à conservação *ex situ* das sementes de espécies florestais nativas, a qual consiste na preservação dessas fora do seu local de origem, o que vem a justificar pesquisas relacionadas a avaliação da qualidade sanitária das sementes dessas espécies.

No Brasil, conforme Mendes; Mesquita; Marino (2011) os trabalhos publicados sobre sanidade estão relacionados, apenas, aos microrganismos que ocorrem nas sementes de espécies florestais, sem avaliar, contudo, os seus efeitos sobre a germinação e desenvolvimento das plantas. Esses ainda destacam que para a obtenção de uma muda de qualidade adequada é necessário o controle da qualidade sanitária das sementes utilizadas, pois estas poderão servir de veículo de propagação e disseminação de patógenos.

Dentre os patógenos de sementes, há destaque aos fungos, os quais englobam o maior número de espécies associadas às sementes, e dentre estes ocorrem os biotróficos, os quais não completam seu ciclo biológico em condições artificiais (BRASIL, 2009b). Há também, os necrotróficos, que representam a maioria das espécies associadas às sementes, podendo ser mais facilmente reconhecidos nessas condições, pois podem completar seu ciclo biológico parcial ou completo, formando estruturas típicas que podem ser reconhecidas com auxílio de microscópios (BRASIL, 2009b). A presença de fungos e, a identificação das características morfológicas deve ser feita após um período de incubação de 7 a 10 dias sobre papel filtro a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, em câmaras com fotoperíodo de 12 horas com o auxílio de microscopia, tais condições se referem ao teste de sanidade para esse patógeno (BRASIL, 2009b).

Entre os diversos trabalhos que avaliaram a ação de fungos associados a sementes e sua relação com a germinação, constam o de Nascimento et al. (2006) que verificaram a ocorrência de fungos potencialmente patogênicos como *Fusarium moniliforme* e *Alternaria alternata*, predominando os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, os quais não afetaram a germinação de *Pyterogene nitens* (amendoim-bravo). O estudo de Mendes; Mesquita; Marino (2011) constataram em sementes de *Leucaena leucocephala* (leucena) armazenadas em câmara fria fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Pestalotiopsis* e *Curvularia* quando estas foram armazenadas por dois, 28 e 48 meses.

Cherobini; Muniz; Blume (2008) avaliando a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de *Cedrela fissilis* (cedro) (família Meliaceae), verificaram que não há diferenças entre lotes, pertencentes a três regiões (Rio Grande do Sul - RS, Santa Catarina - SC, e Paraná - PR). Nesse mesmo estudo, os valores de percentual de germinação (G%) e da condutividade elétrica (CE) demonstraram que as sementes do RS (89% e $107 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e SC (79% e $104 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) são mais vigorosas, sendo que estes valores superiores estatisticamente em relação ao lote do PR, sendo que este último apresentou baixa germinação (36%) e alta CE ($168 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). Entretanto, o teste de sanidade para as sementes de cedro apontou a presença de patógenos como *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp., os quais influenciaram no apodrecimento de sementes.

2.3 Produção de mudas

2.3.1 Recipientes

Nas últimas décadas a produção de mudas tem sido realizada prioritariamente em recipientes, tendo em vista, a proteção ao sistema radicular associada à concentração das atividades de produção. Deste modo, a produção de mudas de espécies florestais em recipientes permite uma melhor qualidade, pois exerce um controle mais seguro da nutrição e proteção das raízes contra danos mecânicos e a desidratação, além de promover um manejo mais adequado em viveiro, no transporte, bem como com menor custo na condução do plantio. Assim, dividem-se em recipientes rígidos (como tubetes de polipropileno, entre outros), sacos plásticos, blocos prensados, dentre outros (GOMES; PAIVA, 2011). No Brasil os mais utilizados são saco plástico e tubete de polipropileno, ambos com vários volumes.

Os sacos plásticos, os quais são embalagens flexíveis de polietileno com furos laterais, que permitem a drenagem da água, apresentam vantagens e desvantagens em relação aos recipientes do tipo tubetes (Tabela 2) (BUSATO et al., 2012). Esse mesmo autor salienta que, os tubetes, por outro lado, são constituídos por plástico rígido (polipropileno), possuem frisos na sua parte interna, que proporcionam o direcionamento do sistema radicular e, um orifício ou mais na parte inferior que auxilia na poda do sistema radicular e, no escoamento do excedente da irrigação.

Além da dúvida em relação ao tipo de recipiente a ser selecionado destaca-se também, que os mesmos recipientes, resultam em comportamento diferente de crescimento em altura, diâmetro do coleto, e outros parâmetros morfológicos, conforme o observado por Malavasi e Malavasi (2006) para *Cordia trichotoma* (louro-pardo) e *Jacaranda micrantha* (caroba); e para Lisboa et al. (2012) com *Calophyllum brasiliense* (guanandi), entre outros.

Tabela 2 – Comparação entre as vantagens e desvantagens do uso de tubetes ou sacos plásticos na produção de mudas.

Enchimento	Tipo de recipiente	
	Tubetes	Sacos plásticos
Vantagens	Maior rendimento (mais rápido) Maior potencial de mecanização	Pronto para uso
Desvantagens	Necessidade de assepsia para reuso	Menor rendimento Menor potencial de mecanização
Manuseio	Tipo de recipiente	
	Tubetes	Sacos plásticos
Vantagens	Facilidade com o uso de bandejas Facilidade para o transporte Maior rendimento no plantio Melhor ergonomia no trabalho no viveiro Maior facilidade no controle de pragas	Não citadas
Desvantagens	Não citadas	Necessidade de caixas e enchimento manual Necessidade de caixas para o transporte Menor rendimento no plantio Pior ergonomia no trabalho no viveiro Maior demanda por manejo de pragas
Custos	Tipo de recipiente	
	Tubetes	Sacos plásticos
Vantagens	Maior investimento Menor custo de frete Otimização do espaço ocupado no viveiro Demanda por substrato menor	Praticamente não há investimento Aquisição barata Menor número de aplicações de fertilizantes
Desvantagens	Maior investimento Aquisição mais cara Demanda mais fertilização	Descartável Maior custo de frete Maior área ocupada no viveiro por muda Necessidade de mais substrato
Aspectos Morfológicos e Fisiológicos das Mudanças	Tipo de recipiente	
	Tubetes	Sacos plásticos
Vantagens	Orientação do sistema radicular evitando o enovelamento	Meio de mais volume, o que facilita a adaptação da muda pós-plantio Menor dependência da adubação na cova logo após o plantio Maior volume para o desenvolvimento do sistema radicular
Desvantagens	Menor meio para adaptação da muda pós-plantio Maior dependência da adubação na cova Restrição do desenvolvimento radicular	Possibilidade de enovelamento das raízes das mudas

Adaptado de Busato et al. (2012)

Conforme José; Davide; Oliveira (2005) o uso de tubetes para a produção de mudas iniciou-se na década de 70 e foi amplamente difundido no Brasil, para mudas de espécies de

rápido crescimento com fins comerciais, devido às suas vantagens operacionais, econômicas e biológicas. Porém, conforme Landis; Dumroese (2009) os padrões de recipientes mais recentes estão focados no aumento da qualidade do sistema radicular e desempenho no plantio a campo.

O tamanho dos recipientes varia com o objetivo das mudas e com a espécie, sendo que para arborização as mesmas devem ser plantadas em recipientes de maiores dimensões, enquanto que para espécies de rápido crescimento destinadas a plantios comerciais os recipientes usados são pequenos, os quais facilitam o transporte e manuseio (FLORIANO, 2004). O mesmo autor inferiu que espécies com maior crescimento do sistema radicular na fase de viveiro devem ser plantadas em recipientes maiores, assim como as que apresentam sensibilidade à mudança de ambiente do viveiro para o campo, pois problemas de sobrevivência das mudas no campo podem estar relacionados ao volume e tipo de substratos.

Conforme Ritchie et al. (2010) o fator que mais afeta a qualidade de mudas em viveiros é o tamanho do recipiente, o qual controla a quantidade de raízes que uma planta pode produzir num determinado período de tempo, além disso, o volume de recipiente regula a de umidade e a disponibilidade de nutrientes.

2.3.2 Substrato

O termo substrato refere-se ao meio de crescimento usado no cultivo de plantas em recipientes, o qual é constituído por partículas sólidas e poros (FERMINO; KÄMPF, 2012). O substrato serve de suporte para as plantas podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes para as raízes (KÄMPF, 2005). O tipo e a qualidade do substrato são fatores que condicionam os padrões de qualidade das mudas no viveiro (WENDLING; DUTRA, 2010). Dessa forma, a seleção de materiais para serem utilizados como componente principal e/ou como misturas a outros substratos busca propriedades adequadas entre as características de aeração e drenagem, adequação aos valores de pH e salinidade, baixa densidade, presença reduzida de propágulos de plantas invasoras e pragas, homogeneidade do material, facilidade de manuseio e de disponibilidade, dentre outros (KÄMPF, 2004). Essas características de acordo com Scremin-Dias (2006) permitirão o adequado desenvolvimento radicular e apropriada agregação do conjunto raiz-substrato, além de exercer importante papel logo após o plantio.

A produção de substratos depende do conhecimento sobre as características físico-químicas presentes na sua constituição, sendo que as propriedades destes se comportam de maneira diferenciada frente as diferentes espécies, tipo de produção (sexuada ou assexuada), irrigação e quanto aos componentes envolvidos na sua formulação (WENDLING; DUTRA, 2010). Outro aspecto a ser levado em consideração conforme esses autores é a desinfestação do substrato, visando eliminar fungos patogênicos e sementes invasoras, prática comum em substratos comerciais.

No desenvolvimento tecnológico relacionado à produção de mudas também se busca informações sobre a adubação, que geralmente é misturada ao substrato (adubação de base). Nesse sentido Rossa et al. (2013) salienta que a adoção de técnicas de fertilização do substrato (adubação de base) tem sido apontadas como fator relevante para aumentar o crescimento e qualidade de mudas de essências florestais. Na literatura é destacado que para espécies nativas, ainda não há uma recomendação específica, necessitando estudos referentes ao volume do tubete, assim como, a dosagem de fertilização adequada (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2009).

Segundo Sgarbi et al. (1999), um grande problema nos viveiros florestais é advindo do elevado custo na produção das mudas, devido ao tempo de permanência em viveiro, o que, conseqüentemente, demanda maior em relação ao número de adubações de cobertura, resultando em maior custo com fertilizantes, defensivos, mão de obra especializada e equipamentos.

Existem no mercado inúmeros tipos de fertilizantes, que variam na sua composição (nutrientes combinados), forma (pó, grânulos e encapsulados) e solubilidade (MORAES NETO et al., 2003). Assim, a utilização de fontes que apresentam uma liberação mais lenta ou controlada dos nutrientes podem reduzir gastos com mão-de-obra (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2002). Os nutrientes encapsulados por resinas, os quais são liberados lentamente por meio de estruturas porosas às plantas, pode garantir a manutenção de um sincronismo entre a liberação de nutrientes ao longo do tempo e as necessidades nutricionais, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das mudas (SERRANO et al., 2006), com menor perdas por lixiviação.

Esses fertilizantes também denominados de liberação controlada (FLC) são classificados nos grupos: peletizados; quimicamente alterados e recobertos. O primeiro grupo compreende os compostos de baixa solubilidade, na forma de “pellets”, cuja liberação dos nutrientes depende da ação microbiana. No segundo grupo, estão incluídos os fertilizantes modificados de maneira a converter parte dos nutrientes em formas insolúveis em água,

liberados ao meio de forma gradativa. O terceiro grupo inclui os fertilizantes recobertos, também chamados de encapsulados, os quais incluem compostos solúveis envolvidos por uma resina permeável à água, que controla a liberação de nutrientes ao substrato (BRONDANI et al., 2008).

Um dos principais fertilizantes de liberação controlada, utilizado comercialmente na produção de mudas, é constituído por grânulos que contêm uma combinação de macro e/ou micronutrientes, recobertos por uma resina orgânica que regula o fornecimento de nutrientes (SCIVITTARO; OLIVEIRA; RADMANN, 2004), cuja liberação é diretamente proporcional à temperatura e à umidade do substrato, podendo ser melhor utilizado conforme o potencial de crescimento da espécie. Além disso, esse produto apresenta grânulos pequenos (mini-prill) que quando misturado ao substrato permite maior homogeneização e melhor distribuição (LANDIS; DUMOROESE, 2009). Outro fato importante em relação ao FLC, refere-se a espessura, a natureza química da resina de recobrimento, a quantidade de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo de fertilizante, fatores esses que contribuem para determinar a curva de liberação de nutrientes ao longo do tempo, sendo que uma maior espessura proporciona liberação mais lenta do produto (GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2003).

Assim, a utilização de fertilizantes de liberação controlada, além de facilitar o manejo no viveiro pode contribuir para o maior crescimento das mudas, mantendo mais constantes os níveis dos elementos essenciais para as plantas durante o tempo de sua ação no substrato (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2009), por outro lado, pode representar maior custo de produção.

Além disso, conforme destacam Wendling e Dutra (2010) é necessário no decorrer crescimento das mudas e do tempo que se façam adubações, essas denominadas, de cobertura, para repor nutrientes perdidos por lixiviação, iniciando conforme Gonçalves et al. (2005) entre 15 a 30 dias após a emergência das plantas, repetindo-a em intervalos de 7 a 10 dias.

A nutrição de plantas, conforme Busato et al. (2012), decorre de interações entre os processos fisiológicos e físico-químicos, dentre os quais se destacam a demanda hídrica, crescimento, tolerância à luz, fotoperíodo outras características, as quais inferem diretamente no comportamento fenológico e no desenvolvimento da planta. Deste modo, o uso da fertilização de cobertura em viveiro favorece o pegamento, a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (VALERI; CORRADINI, 2005).

A formulação de adubação de cobertura varia em cada viveiro e há diferentes adubos disponíveis no mercado, sendo sua aplicação realizada na forma de solução aquosa com o uso de regadores, pulverizador costal ou sistema automatizado (WENDLING; DUTRA, 2010).

Gonçalves et al. (2005) recomendam que se utilizem 200 g de N (sulfato de amônio) e 150 g de K_2O (cloreto de potássio), esses fertilizantes devem ser dissolvidos em 100 litros de água e, essa solução pode fertilizar 10.000 mudas. Esses ainda salientam que o potássio (K) não deve ser utilizado em todas as fertilizações deve-se na primeira aplicar N+K, na segunda somente N e, na terceira N+K e, assim, consecutivamente.

2.3.3 Importância da adubação de base

O efeito dos nutrientes, principalmente, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), no crescimento de mudas em viveiro tem despertado o interesse de pesquisadores, a fim de, conhecer a melhor dosagem de adubos que devem ser inseridos junto ao substrato no momento do seu preparo, ou seja, corresponde a adubação de base (GOMES; PAIVA, 2011).

A fertilização influencia não somente a taxa relativa de crescimento de uma planta, mas também como o carbono será alocado nas suas diversas partes (raiz, caule, folhas), e em que dada área foliar pode assimilar o CO_2 (DAVIDE; FARIA, 2008). Esses autores ainda salientam que uma adubação desbalanceada pode levar a perda de qualidade, variações na disponibilidade de alguns nutrientes, o qual é resultante da inibição causada por outro elemento que esteja em maior concentração no substrato.

Conforme a quantidade exigida pela planta, os nutrientes (elementos essenciais) são classificados em macronutrientes e micronutrientes, exigidos em maior ou menor quantidade para as plantas, respectivamente, os quais possuem funções extremamente importantes, as quais estão apresentadas de forma resumida na Tabela 3.

As funções exercidas pelos nutrientes na maioria das vezes são específicas nos processos fisiológicos e, a carência de um dado elemento pode provocar distúrbios nas plantas que, pode implicar na diminuição do ritmo de crescimento e, conseqüentemente, da produtividade (BELLOTE; FERREIRA; SILVA, 2008). Os nutrientes minerais possuem funções essenciais no metabolismo conforme Jacobs e Landis (2009), como o nitrogênio, o qual pode ser encontrado em todas as proteínas, que também com interação ao magnésio, atua como componente estrutural das moléculas de clorofila necessárias para a fotossíntese.

Tabela 3 – Funções resumidas dos macro e micronutrientes nas plantas.

Macronutrientes	Função	Micronutrientes	Função
Nitrogênio (N)	Importante componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucleicos e outros compostos	Ferro (Fe)	Desenvolvimento das plantas, ativação de enzimas, síntese de proteínas nos cloroplastos e catalizador na produção de clorofila
Fósforo (P)	Essencial para formação de ligações que permitem a transferência de energia. Está presente em várias partes das células	Manganês (Mn)	Essencial para a síntese de clorofila
Potássio (K)	Regulador da síntese de carboidratos e do transporte de açúcar	Zinco (Zn)	Agente regulador do consumo de açúcar, essencial para a transformação dos carboidratos
Magnésio (Mg)	Envolve-se na formação da clorofila e é catalisador na transferência de fosfatos	Cobre (Cu)	Ativador de processos enzimáticos
Enxofre (S)	Essencial para a absorção/utilização do N pelas plantas	Boro (B)	Metabolismo e transporte de carboidratos, síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fitohormônios; divisão celular
Cálcio (Ca)	Essencial para o crescimento dos tecidos meristemáticos e importante para as funções das raízes e, envolve-se no metabolismo do N	Cloro (Cl)	Essencial para a fotossíntese
		Molibdênio (Mo)	Importante para a fixação do N e redução do nitrato

Adaptado de Dacosta (2004).

Para Busato et al. (2012) do ponto de vista ecológico, a relação de aspectos nutricionais com o desenvolvimento das mudas de espécies florestais envolve uma série de interações e processos fisiológicos, muitas vezes, específicos para cada espécie. Nesse sentido, diferentes estudos têm sido realizados para inferir sobre qual adubação de base será capaz de fornecer as condições de crescimento mais adequadas às mudas. Dentre estes, está o trabalho de José; Davide; Oliveira (2009), que avaliaram o efeito de volumes de recipientes e adubações de base para *Schinus terebinthifolius* (pimenteira) e também verificaram essa mesma convergência, onde foi observado que doses elevadas de fertilizantes ocasionaram aumento nos parâmetros morfológicos.

Rossa et al. (2013) estudando a performance de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana* (branquilha) em relação a diferentes doses de fertilizante de liberação controlada - FLC (0 - testemunha; 2; 4; 6; 8 e 10 kg de FLC NPK (13-6-16+1,4%Mg+10%S+0,02%B+0,05%Cu+0,20%Fe+0,06%Mn+0,015%Mo) por m³ de substrato), observaram que ambas responderam significativamente às doses de FLC. Para a produção de mudas de *S. terebinthifolius* com adequado padrão de desenvolvimento aos 189 dias após o semeio (d.a.s), de acordo com a dose de máxima eficiência técnica, foi indicado a utilização

da dose de $9,48 \text{ m}^{-3}$ de FLC. Entretanto, a produção de plantas de *S. commersoniana* requer a dose de $5,54 \text{ de FLC.m}^{-3}$ aos 245 d.a.s.

2.3.4 Parâmetros morfológicos e fisiológicos

Para que se tenha uma muda de qualidade é necessário que se estabeleça padrões adequados de crescimento, os quais implicam na definição de parâmetros (morfológicos e fisiológicos). Os parâmetros de qualidade para plantas conforme Reis (2004) são de duas naturezas, os que se baseiam nos aspectos fenotípicos (morfológicos) e os que se baseiam nos aspectos internos das mudas (fisiológicos).

A qualidade morfológica e fisiológica, inicialmente, da base genética e da procedência do material utilizado (sementes ou material vegetativo), porém também são definidas pelas condições ambientais, métodos e técnicas de produção, equipamento utilizado e do tipo de transporte ao campo (GOMES; PAIVA, 2011). Os parâmetros morfológicos, conforme os mesmos autores, por sua facilidade de medição têm sido mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais, sendo que entre estão altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR) e massa seca total (MST).

A altura e o diâmetro são as duas variáveis morfológicas comumente avaliadas, sendo indicadores adequados da qualidade das mudas e subsequente desempenho a campo (MEXAL; LANDIS, 1990; HAASE, 2008). O maior diâmetro e sistema radicular das mudas proporcionam crescimento superior, se comparados com mudas menores e com raízes mal formadas (RITCHIE et al., 2010). Além disso, o mesmo autor cita que a relação H/DC ou índice de robustez pode inferir que plantas cultivadas em alta densidade crescem mais em altura do que em diâmetro e, assim, esse valor é alto, em contrapartida sob condições de baixa luminosidade essa relação gera um baixo valor.

Conforme Lopes et al. (2013) os parâmetros fisiológicos são mais difíceis de mensurar e de analisar, entretanto, a quantidade de massa seca é um dos parâmetros morfológicos que define a habilidade competitiva de uma espécie em relação à outra, sendo reflexo direto da fotossíntese líquida somada à quantidade de nutrientes minerais absorvidos.

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, em função da facilidade de mensuração, os quais não requerem

equipamentos sofisticados, no entanto, as características de uma muda de qualidade estão relacionadas ao seu potencial de sobrevivência e crescimento no campo, e que parâmetros fisiológicos podem ajudar a prever.

Gonçalves et al. (2005) descreveram que a muda, quando produzida em tubete, deve ter aparente vigor e bom estado nutricional, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie, altura ideal variando entre 20 a 35 cm e o diâmetro do coleto entre, 5 e 10 mm.

Nesse sentido, Reis et al. (2008) salientaram a importância do controle do efeito sobre a diferença dos parâmetros observados em viveiro como altura, diâmetro do coleto, entre outros e, encontrar onde essas variações ocorrem, para que se estabeleçam critérios de seleção entre as mudas, resultando em um mesmo padrão de qualidade, de modo que não sejam transportados para o campo mudas prematuras, assim como não ocorra o atraso na expedição de mudas que estão desenvolvidas.

Alguns estudos tem demonstrado que o diâmetro do coleto é uma variável que pode garantir o desempenho no pós-plantio, pois serve de indicativo da qualidade das mudas, entretanto, deve-se avaliar o comportamento para cada espécie e também as condições nas quais as plantas serão conduzidas a campo (RITCHIE et al., 2010). Dessa forma, plantas podem ter baixa taxa de sobrevivência a campo em função das características do solo em que forem plantadas ou por mudas com qualidade inferior (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010). Assim, esses autores salientam a importância do monitoramento da taxa de sobrevivência e do crescimento inicial nos primeiros meses após o plantio a campo e ao final do primeiro ano, com verificações posteriores aos três e cinco anos, a fim de se obterem indicativos das taxas de crescimento das plantas.

Concomitantemente, a adaptação das plantas aos diferentes ambientes decorre da sua capacidade de crescimento e da plasticidade do sistema fotossintético, incluindo alterações nos teores de clorofila, o que possibilita maior ou menor utilização da luminosidade (AFONSO et al., 2012). Desse modo, os mesmos autores ratificaram que parâmetros fisiológicos podem vir a se agregar ao estudo dos parâmetros morfológicos, tais como os teores de clorofila das mudas, os quais assumem importância na avaliação dos efeitos de insumos utilizados sobre a qualidade da muda produzida.

Para Streit et al. (2005) os pigmentos envolvidos na fotossíntese dividem-se em principais e acessórios, respectivamente, as clorofilas *a* e *b* e, os carotenóides, nos quais a energia absorvida é transferida para sítios bem definidos, localizados sobre as membranas dos tilacóides, os chamados centros de reação. Assim, nesse mesmo trabalho é salientado que o ambiente de luz em que a planta cresce é de fundamental importância, pois a adaptação das

plantas depende do ajuste de seu sistema fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente possível.

A razão entre as clorofilas *a* e *b* é amplamente utilizada na avaliação da quantidade de luz absorvida pelos complexos coletores de luz (LHC) (BAOLI et al., 2005) e, segundo Lichtenthaler (1981) é um indicador de adaptação a diferentes condições de disponibilidade luminosa. Essa razão é normalmente superior em folhas submetidas a altas irradiâncias. Respostas semelhantes foram verificadas em outros trabalhos (LICHTENTHALER; BUSCHMANN, 2001; KITAJIMA; HOGAN, 2003).

Nesse sentido, Dutra; Massad; Santana (2012) estudando diferentes substratos e intensidades de sombreamento (pleno sol, 30, 50 e 70%) em mudas de *Copaifera langsdorffii* (copaíba) identificaram que o nível de sombreamento de 50% possibilitou às plantas produção de maiores teores de clorofila *b* e clorofila total, independente do tipo de substrato utilizado. Lima; Zanella; Castro (2010) avaliando mudas de *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva) sob distintos níveis de sombreamento (pleno sol, 30, 50 e 80%) destacaram que o acréscimo do nível do sombreamento provocou uma menor relação clorofila *a/b* e aumento nas concentrações de clorofila total e carotenóides totais.

O processo fotossintético ocorre no cloroplasto, o qual é composto por dupla membrana, que controla a entrada e a saída de íons e moléculas, separando o sistema fotossintético, propriamente, do citoplasma (MARENCO; LOPES, 2007). No interior do cloroplasto, conforme os mesmos autores localiza-se um sistema de membranas altamente organizado, denominado tilacóide, cercado por uma matriz aquosa (estroma), possuindo ainda um complexo de proteínas inseridas na camada lipídica e também, um espaço aquoso (lúmen).

A radiação solar quando atinge a planta, têm um pouco de energia refletida, outra parte transmitida, por meio do tecido da folha, e uma parte absorvida, assim as plantas desenvolveram mecanismos complexos para dissipar, ou extinguirem, a energia da luz que absorvem (RITCHIE et al., 2010). Segundo esses mesmos autores, parte desta energia é utilizada na fotossíntese (fotoquímica – qP - energia absorvida através da fotossíntese), enquanto que o restante é dissipada pela extinção não fotoquímica (qN - dissipação de energia da luz absorvida por outros meios que não a fotossíntese, principalmente, na forma de calor sensível) ou pela fluorescência (QF - energia emitida como fluorescência e, é a base para o ensaio de fluorescência de clorofila).

Entretanto, estresses ambientais podem prejudicar a capacidade da planta de controlar a extinção de energia, dessa forma, a mensuração e interpretação dos três componentes da extinção da fluorescência da clorofila (FC), permite detectar danos resultantes desses

estresses. Três parâmetros importantes de FC que são frequentemente relatados são qP , qN e F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II- estimativa da razão de mols de carbono fixo por mol de energia da luz absorvida), caso F_v/F_m continuar com um valor baixo e o qN alto, isso indica que danos significativos ao sistema fotossintético, provavelmente ocorreram (RITCHIE et al., 2010).

Sendo a fotossíntese um processo dependente de luz, diferentes estresses ambientais podem afetar a eficiência fotossintética de uma planta e, assim, influenciando negativamente as reações químicas inerentes ao processo (RIBEIRO, 2009). Contudo, destaca-se que não somente a variação da intensidade luminosa, mas várias são as práticas culturais capazes de alterar a qualidade morfofisiológica das mudas, desde a fase de viveiro até o plantio no campo, em que Birchler et al. (1998) citam dentre estas o manejo da irrigação, fertilização, sombreamento, micorrização, podas, aclimatação, seleção, tipo de recipiente, densidade de cultivo, transporte e armazenamento. Cada uma destas práticas poderá alterar uma ou mais características das mudas, sendo admitidas várias estratégias que podem ser concebidas para a melhor adequação do manejo no viveiro, visando a resposta desejada (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005).

2.4 Estudos para avaliação da qualidade morfológica de mudas

Estudos analisando mudas no viveiro tem mostrado tendência em relação aos parâmetros morfológicos, constatando-se que espécies nativas, quando são tratadas sob diferentes insumos ou técnicas, apresentam maiores valores de altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST); e Índice de Dickson (IQD) como indicativo da melhor qualidade das mudas, em contrapartida dos menores valores que representam mudas menos adequadas ao plantio (Tabela 4). Por outro lado, observam-se poucos estudos do desenvolvimento da muda no pós-plantio.

Lisboa et al. (2012) testando diferentes volumes de recipientes (115, 180 e 280 cm³) para a espécie *Calophyllum brasiliense* (guanandi) observaram que para a variável DC o tubete de 180 cm³ proporcionou a maior média (4,02 mm) a qual não diferiu do tubete de 280 cm³, mas foi superior ao tubete de 115 cm³, a mesma tendência foi percebida para a variável

altura (H). Nos demais parâmetros não houve diferença estatística significativa, sendo possível recomendar o uso de qualquer um dos recipientes testados (Tabela 4).

Antoniuzzi et al. (2013) avaliando a eficiência de diferentes recipientes (sacos plásticos de 1.962,5 e 607,59 cm³ e, tubetes de polietileno de 50, 100 e 175 cm³), no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) observaram que o saco plástico de 1.962,5 cm³ proporcionou as maiores médias de H (151 cm), DC (22,2 mm), relação H/DC (6,80 cm.mm⁻¹), MSA (0,437 g), MSR (0,148 g), MST (0,585 g). Nesse estudo, mudas cultivadas nos diferentes recipientes apresentaram tendência de redução dos parâmetros de crescimento com o menor volume do recipiente (Tabela 4).

Por meio de estudo realizado por Ventura (2012), o desenvolvimento de mudas em viveiro de *Colubrina glandulosa* (falso-pau-Brasil) em diferentes recipientes (55 e 110 cm³) com adubação de base utilizando o fertilizante de liberação controlada (FLC) NPK (15-9-12), em distintas dosagens (3,5; 4,5 e 5,5 kg.m⁻³ de substrato) foi possível verificar que a maior média correspondeu ao uso do tubete de 115 cm³ com 5,5 kg de FLC por m³ de substrato, para as variáveis H (17,03 cm), DC (4,00 mm), H/DC (4,25cm.mm⁻¹), MSA (1,55 g), MSR (0,99 g), MST (2,54 g) e IQD (0,43) (Tabela 4). No mesmo trabalho a autora estudou também *Handroanthus achraceus* (ipê-do-cerradão), observando a mesma tendência de *C. glandulosa*, corroborando que o uso de um recipiente maior, aliado a maior dose de FLC, proporciona aumento dos parâmetros analisados.

Mesma tendência segue em trabalho de Ajala et al. (2012), comparando a influência do volume de recipiente (120, 180 e 1.178 cm³) na produção de mudas de *Jatropha curcas* (pinhão-mansão), observaram que o saco plástico de 1.178 cm³ reportou a maiores H e DC, respectivamente, de 1,56 cm e 1,27 mm, não diferindo em H de 120 cm³, mas superior a 180 cm³. Nesse estudo, mudas produzidas em 120 cm³ foram levadas para plantio a campo durante um ano, no qual a H e o DC chegaram a, respectivamente, 21,4 cm e 6,8 mm (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros morfológicos altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, Massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), Índice de qualidade de Dickson (IQD) resultantes de estudos realizados em viveiro e em campo para espécies florestais.

Espécie Nome popular Família	Experimento	Época e Região	Duração do experimento em Viveiro (dias)	Parâmetros avaliados em viveiro							Duração experimento do em campo (dias)	Parâmetros mensurados em Campo			Fonte
				H (cm)	DC (mm)	H/DC (cm.mm ⁻¹)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD		H (cm)	DC (mm)	H/DC (cm.mm ⁻¹)	
<i>Calophyllum brasiliense</i> (guanandi) Clusiaceae	Recipientes (115, 180 e de 280 cm ³)	Junho a novembro Seropédica/RJ	150	21,70 ^M	4,02	5,40	1,18	0,37	1,55	0,18	-	-	-	-	Lisboa et al. (2012)
				19,70 ^P	3,46	5,69	0,79	0,28	1,07	0,13					
<i>Cedrela fissilis</i> (cedro) Meliaceae	Recipientes e (50, 100, e 175 cm ³) e sacos plásticos (607,59 e 1.962,5 cm ³)	Erechim/RS	120	151,6 ^M	22,2	6,83	0,437	0,145	0,582	-	-	-	-	-	Antoniazzi et al. (2013)
				12,80 ^P	5,2	2,46	0,272	0,494	0,766	-					
<i>Colubrina glandulosa</i> (falso-pau-Brasil) Rhamnaceae	Recipientes (55 e 110 cm ³) com FLC (15-9-12 nas doses de 3,5; 4,5 e 5,5 kg.m ⁻³ de substrato)	Setembro/2010 a Fevereiro/2011 Lavras/MG	150	17,03 ^M	4,00	4,25	1,55	0,99	2,54	0,43	-	-	-	-	Ventura (2012)
				5,83 ^P	2,60	2,24	0,53	0,38	0,91	0,24					
<i>Jatropha curcas</i> (pinhão-manso) Euphorbiaceae	Recipientes (120 e 180 cm ³) e saco plástico (1.178 cm ³)	Outubro/2007 a dezembro/2008 Pato Bragado/PR	90	1,56 ^M	1,27	1,22	-	-	-	-	360***	21,4	6,8	3,15	Ajala et al. (2012)
				1,24 ^P	1,22	1,01	-	-	-	-					

(Continua...)

(Conclusão)

Tabela 4 – Parâmetros morfológicos altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, Massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), Índice de qualidade de Dickson (IQD) resultantes de estudos realizados em viveiro e em campo para espécies florestais.

Espécie	Experimento	Época e Região	Duração experimento em Viveiro (dias)	Parâmetros avaliados em viveiro							Duração experimento em campo (dias)	Parâmetros mensurados em Campo			Fonte
				H (cm)	DC (mm)	H/DC (cm.mm ⁻¹)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD		H (cm)	DC (mm)	H/DC (cm.mm ⁻¹)	
<i>Handroanthus ochraceus</i> (ipê-do-cerrado) Bignoniaceae	Recipientes (55 e 110 cm ³) com FLC (15-9-12 nas doses 3,5; 4,5 e 5,5 kg.m ⁻³)	Setembro/2010 a Fevereiro/2011 Lavras/MG	150	15,89 ^M	3,97	4,00	1,59	1,88	3,47	0,72	-	-	-	-	Ventura (2012)
				9,60 ^P	2,77	3,46	0,65	1,48	2,13	0,54					
<i>Peltophorium dubium</i> (canafistula) Fabaceae	Recipientes (100 e 180 cm ³) e saco plástico (1.178 cm ³) com NPK e micronutrientes (15-70-10 + fritas, com 1,0 kg m ⁻³ de substrato), a metade (1,75 kg m ⁻³) e 3,5 kg m ⁻³ NPK 16-8-12 +2+5 + micronutrientes)	Setembro/2005 a Janeiro/2006 Marechal Cândido Rondon/PR	90	38,04 ^{M*}	3,71	10,25	1,88	0,32	2,20	0,32	-	-	-	-	Brachtvogel; Malavasi (2010)
				39,54 ^{M**}	4,25	9,30	2,72	0,57	3,29	0,23					
				25,52 ^{P*}	2,84	8,99	0,68	0,100,0	0,78	0,05					
				22,76 ^{P**}	2,80	8,13	0,98	5	1,03	0,06					
<i>Pterogyne nitens</i> (madeira-nova) Fabaceae	Recipientes (50, 288 e 577 cm ³) e saco plástico (2.090 cm ³)	Vitória da Conquista/BA	180	32,70 ^M	4,07	8,03	2,27	3,79	6,06	0,70	730	262	5,92	44,26	Bomfim et al. (2009)
				10,80 ^P	1,95	5,58	0,14	0,29	0,43	0,07		116	1,92	60,42	
<i>Toona ciliata</i> (cedro-australiano) Meliaceae	Recipientes (115, 180 e 280 cm ³)	Junho a novembro Seropédica/RJ	150	42,45 ^M	5,99	7,09	8,33	3,59	11,93	1,28	-	-	-	-	Lisboa et al. (2012)
				25,94 ^P	4,08	6,36	5,39	2,67	8,05	0,98					

^M = melhor tratamento; ^P = pior tratamento; *Refere-se aos recipientes utilizados; **Refere-se às adubações aplicadas; *** com base no tubete de 120 cm³; - não informado.

O crescimento de mudas em viveiro de *Peltophorum dubium* (canafístula), em diferentes recipientes (100 e 180 cm³) e saco plástico (1.178 cm³) com diferentes adubações de base (1 - fertilizante NPK + micronutrientes na formulação 15-70-10 + fritas na dosagem de 1,0 kg m⁻³ de substrato; 2 - metade da primeira dosagem e, 3 - FLC na formulação 16-8-12+2+5 + micronutrientes, na dose de 3,5 kg.m⁻³ de substrato), foi proporcionado com o uso de saco plástico (1.178 cm³) combinado com 3,5 kg de FLC por m³ de substrato para as variáveis H, DC, H/DC, MSA, MSR, MST e IQD, o que correspondeu à maior média observada (BRACHTVOGEL; MALAVASI, 2010) (Tabela 4).

A avaliação morfológica de mudas de *Pterogyne nitens* (madeira-nova) produzidas em viveiro em tubetes (50 e 288 cm³) e sacos plásticos (577 e 2.090 cm³) indicou a superioridade estatística proporcionada pelo maior volume de substrato contido no saco plástico de 2.090 cm³, o qual apresentou médias de H (32,70 cm), DC (4,07 mm), H/DC (8,03 cm.mm⁻¹), MSA (2,27 g), MSR (3,79 g), MST (6,06 g) e IQD (0,70) (BOMFIM et al., 2009) (Tabela 4). Esse mesmo estudo avaliou o desempenho dos diferentes recipientes a campo resultando na mesma tendência observada em viveiro, sendo o saco plástico de 2.090 cm³ superior na sobrevivência (99%), H (262 cm), DC (5,92) e H/DC (44 cm.mm⁻¹).

Para Lisboa et al. (2012) testando o efeito do volume de tubetes (115, 180 e 280 cm³) para a produção de mudas da espécie *Toona ciliata* (cedro-australiano) foi possível verificar que o recipiente de 280 cm³ proporcionou as maiores médias de crescimento em H, DC, dentre outros parâmetros morfológicos analisados, diferindo dos demais, sendo que somente para o IQD o mesmo não diferiu do tubete de 180 cm³ (Tabela 4).

Contudo, observa-se que parâmetros convencionalmente utilizados para avaliar mudas no viveiro estão, geralmente, relacionados, com exceção da relação H/DC e em alguns casos o IQD, mas que poucos estudos inferem sobre o pós-plantio.

2.4 Plantio de mudas a campo

A implantação das mudas a campo, parte do condicionamento no solo para o adequado desenvolvimento das mesmas. Os solos, de um modo geral, são pobres em nutrientes minerais e, além disso, apresentam problemas de acidez, assim, faz-se necessário o uso de correções por calagem e adição de fertilizantes. A calagem, quando imprescindível, é uma prática de

aplicação do calcário, realizada três meses antes do plantio, mediante prévia análise química do solo (BELLOTE; FERREIRA; SILVA, 2008).

Para o plantio, apesar das novas tecnologias desenvolvidas para facilitar o processo, por meio da mecanização, muitos entraves ainda persistem e, conseqüentemente, as operações ainda permanecem manuais ou semi-mecanizadas. O método de plantio, comumente, utilizado é a abertura das covas mecânica, as quais receberão as mudas, tendo como objetivo principal a melhoria física e química do solo de forma localizada e, portanto, deve ser associada a descompactação do solo em largura e profundidade e, à adubação de base (NAVE et al., 2009). Os mesmos autores expõem que devido à variação dos tipos de solos e graus de compactação não há como determinar parâmetros básicos para a abertura de covas.

No preparo da área para o plantio, deve-se evitar o revolvimento e a exposição do solo com gradagens e arações, evitando o início de processos erosivos, pois caso haja compactação pode-se abrir um sulco com subsolador na linha de plantio (DUBOC, 2004). Assim, dentre as formas de abertura de covas, conforme Nave et al. (2009), destaca-se a abertura manual de covas, a broca perfuratriz; a moto-coveadora, a subsolagem da linha de plantio e a abertura de covetas.

A muda deve ser plantada com o coleto no mesmo nível do solo, tomando cuidado ao preencher a cova com solo, e posteriormente, compactando-o levemente, a fim de evitar bolsas de ar ao redor do torrão (substrato envolto pelas raízes da muda). Além disso, o plantio deve ocorrer em dias chuvosos ou nublados e, caso não chova entre 4 a 5 dias após o plantio, deve-se realizar a rega periódica nas plantas (DUBOC, 2004).

A condução de um plantio requer cuidados e manutenções, os quais são efetuados por meio dos tratos culturais, que são executados com a finalidade de reduzir a concorrência imposta por espécies invasoras, por luz, umidade e nutrientes (CARVALHO, 2000). Esses começam antes mesmo da implantação propriamente dita com o controle de formigas, com o uso de iscas à base de sulfluramida, sendo realizado sempre que necessário (FERREIRA; SILVA, 2008). Esses mesmos autores salientam também que devem ser realizadas capinas (manual e química), limpezas, podas de condução, desbastes, desramas, corte de cipós, dentre outros, visando o sucesso do plantio.

Somado a isso, faz-se necessária à realização de adubação de cobertura, na qual os nutrientes mais utilizados para as espécies florestais são o nitrogênio (N), o fósforo (P) e, o potássio (K), e com menor frequência o boro (B) e o zinco (Zn), o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) são aplicados por meio da calagem (BELLOTE; NEVES, 2001). Em plantações florestais conforme os mesmos autores é comum o uso de adubo simples (contendo apenas

um elemento químico, como Ureia – N), como também aqueles denominados de adubos mistos (mistura de dois ou mais elementos químicos, como NPK 5-20-20), entre os quais, na atividade florestal, destaca-se o fósforo, o qual é adicionado em maior quantidade do que os outros elementos, por ser normalmente aquele presente em menor concentração no solo.

A adubação de cobertura, conforme Wendling e Dutra (2010) é de grande importância frente ao crescimento das mudas, as quais precisam de suplementação de nutrientes, podendo apresentar deficiências no seu desenvolvimento. Bellote; Ferreira; Silva (2008) descreveram que a adubação deve ser realizada no plantio, e após entre 30 e 40 dias após o plantio (adubação de cobertura).

Após a implantação, as manutenções devem ser realizadas sistematicamente, sendo que o número de operações pode variar de acordo com o tipo e cobertura do solo, época do ano, entre outros (NAVE et al., 2009).

2.5 Sombreamento

A luz é um fator ecológico de fundamental importância, capaz de interferir sobre todos os estágios de desenvolvimento das plantas e em seus numerosos processos fisiológicos, sendo a prática de sombreamento artificial realizada por meio do uso de telas de sombreamento, um método muito utilizado no estudo das necessidades luminosas das diferentes espécies em condições de viveiro (DUTRA; MASSAD; SANTANA, 2012).

Em relação à luminosidade, o crescimento de árvores nativas têm tido respostas diversas entre as espécies quando submetidas a diferentes condições de luminosidade e, o que tem sido observado é que a eficiência no crescimento da planta pode estar relacionada à habilidade de adaptação de plântulas às condições luminosas do ambiente (SILVA et al., 2007). Somado a isso, está o fato de que a luz é responsável pela adaptação das espécies à luminosidade ambiental, principalmente, na fase juvenil, por condicionar mudanças morfogênicas e fisiológicas na sua estrutura e função, determinando o sucesso ou não do seu estabelecimento (MACIEL et al., 2002). Assim, os mesmos autores salientam a importância de classificar as espécies florestais em grupos ecológicos distintos, de acordo com sua capacidade de adaptação às condições de luminosidade ambiental, cujo entendimento poderá servir como base para a compreensão das espécies dentro da dinâmica da floresta e de seu manejo.

Segundo Scalon et al. (2003), os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação é ditado por suas características genéticas em interação com seu meio ambiente e os efeitos dessas diferenças de intensidade de luz são mais significativos no crescimento da planta do que na sua qualidade, principalmente, no que se refere ao acúmulo de matéria seca, em condições naturais. O estudo da luminosidade e sua relação com a fotossíntese é fundamental para a avaliação do potencial das espécies arbóreas em programas de revegetação, além disso, os teores de clorofila e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e o crescimento e adaptação a diversos ambientes (RÊGO; POSSAMAI, 2006).

Frequentemente, as análises do crescimento de mudas são utilizadas para prever o grau de tolerância das diferentes espécies ao sombreamento, existindo, assim, grande diversidade de respostas das plantas à luminosidade, especialmente quanto ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e à sobrevivência das mudas (DUTRA, 2010). Segundo esse mesmo autor, acredita-se que as espécies tolerantes ao sombreamento apresentam um crescimento mais lento em relação às não-tolerantes, em função das suas taxas metabólicas mais baixas.

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes é o conteúdo de clorofila e carotenóides, além da concentração total desses pigmentos, a proporção entre eles e entre as clorofilas *a* e *b* se altera em função da intensidade luminosa (SCALON et al., 2003). As clorofilas *a* e *b*, conforme Streit et al. (2005), encontram-se na natureza numa proporção de 3:1 (relação clorofila *a*/clorofila *b*).

Estudos sobre a adaptação das espécies arbóreas à disponibilidade de luz no seu ambiente de crescimento são importantes, no sentido de contribuir para o desenvolvimento de técnicas de plantio e de manejo de mudas dessas espécies, na perspectiva de múltiplos usos da floresta (LIMA et al., 2010). Dentre alguns estudos a serem citados está o de Rêgo e Possamai (2006) que inferiram que as diferentes condições de luminosidade (100 – pleno sol; 70, 64; 44; 34% da radiação solar incidente), às quais as plantas de *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa) foram submetidas, influenciaram alguns parâmetros de crescimento (altura, massa seca total e aérea). Em ambientes sombreados, essas variáveis foram positivamente favorecidas, em caso contrário sofreram diminuição do crescimento em diâmetro, assim recomenda-se o cultivo dessa espécie na faixa de 54 a 64% de luminosidade. Os mesmos autores observaram que os

teores de clorofila *a*, *b* e total para a espécie foram maiores quando as plantas foram cultivadas em luminosidade reduzida.

Scalon et al. (2003) avaliando o crescimento de mudas de *Bombacopsis glabra* (castanha-do-maranhão) sob diferentes intensidades luminosas (pleno sol; 30 e 50%) analisaram que essa espécie possui alta capacidade de emergência e desenvolvimento inicial em viveiro, tolerando o sombreamento de 30 e 50% e desenvolvendo-se satisfatoriamente a pleno sol. Esses autores inferem também que os níveis de luz estudados não afetaram a sobrevivência das mudas, o diâmetro do caule, a área foliar, a clorofila *a* e *b*, a MSA e área foliar, dentro outros, sendo o sobreamento de 50% o que proporcionou a maior altura, maior clorofila total e menor relação clorofila *a*/clorofila *b* e menor MSA. Entretanto, o pleno sol proporcionou mudas com maior MSA.

3 CAPÍTULO I - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos ACONDICIONADAS EM DIFERENTES AMBIENTES

3 CHAPTER I - PHYSIOLOGICAL QUALITY SEEDS *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos PUT UP IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de analisar o substrato adequado para a germinação de *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo), assim como o comportamento das sementes quando submetidas ao armazenamento em diferentes ambientes. Foram coletadas sementes de oito árvores no município de Santa Maria (RS) e, após beneficiadas, obteve-se o grau de umidade - GU (4 repetições de 25 sementes cada) e a condutividade elétrica - CE (duas quantidades de sementes - 25 e 50 e, três volumes de água destilada - 25, 50 e 75 mL). No experimento 1, avaliou-se diferentes substratos (papel mata-borrão, papel filtro, vermiculita, areia, ambos nos arranjos sobre e entre, além do rolo de papel) aquele que proporcionasse a maior germinação (G), assim como a praticidade dos procedimentos de laboratório. Para o experimento 2, as sementes logo após beneficiadas foram armazenadas em três ambientes (sala seca e fria - SSF com 18°C e 49% de Umidade Relativa (UR); câmara fria e úmida - CUF com 8°C e 80% UR e; câmara seca e fria - CSF com 7,5°C e 55% UR). Após 300 dias de armazenamento, além da determinação do GU, CE, germinação no substrato sobre areia, avaliou-se a sanidade pelo método de papel filtro com quatro repetições de 25 sementes. No experimento 1, observou-se GU de 8,79% e CE de 8,62 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (25 sementes e 25 mL), dessa forma, definiu-se o substrato sobre areia (G de 83%) para a realização do experimento 2. No experimento 2, observou-se que GU de 7,67 (SSF); 10,41 (CUF) e 9,20% para a CSF, CE de 16,18 e 18,36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente, para 25 sementes e 25 mL de água destilada. Apesar dos valores de GU terem se mantido próximos, observou-se que a CE praticamente duplicou seus valores com redução da germinação, a cerca de, 57 e 54%, respectivamente, em sala fria e seca, e câmara fria e seca, os quais representaram a melhor situação para o armazenamento de sementes de ipê-roxo. O teste de germinação de sementes de *H. heptaphyllus* pode ser realizado utilizando-se a técnica de semeadura sobre areia, na temperatura de 25°C, luz constante, com contagem inicial de plântulas aos 16 dias após a semeadura e final aos 19. O armazenamento das sementes em ambiente de sala seca e fria e/ou em câmara seca e fria é mais adequado na conservação das sementes de *H. heptaphyllus* por 300 dias. Sementes armazenadas em sala seca e fria podem ter contagem inicial de plântulas aos 9 e final aos 29 dias e, em câmara seca e fria aos 14 e 23 dias, respectivamente. A condutividade elétrica não detecta a qualidade das sementes de *H. heptaphyllus*. A espécie apresenta comportamento intermediário em relação ao armazenamento. A câmara fria e seca é o ambiente mais adequado para redução da incidência de patógenos.

Palavras-chave: Ipê-roxo. Potencial germinativo. Armazenamento. Semente intermediária.

ABSTRACT

This study aimed to analyze suitable for germination *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) substrate as well as the behavior of seeds exposed to different storage environments. Seeds were collected from eight trees in the municipality of Santa Maria (RS) and after benefit was obtained moisture content - MC (4 replicates of 25 seeds each) and electrical conductivity - EC (two quantities of seeds - 25 and 50 and three volumes of distilled water - 25, 50 and 75 mL). In experiment 1, we evaluated different substrates (blotting paper, filter paper, vermiculite, sand, both on and between the arrangements in addition to the scroll) the one that provided the highest germination (G), as well as the practicality of laboratory procedures. For experiment 2, the seeds right after beneficiaries were stored in three environments (dry and cold room - SSF at 18°C and 49% Relative Humidity (RH); clammy chamber - CUF to 8°C and 80% RH and, dry chamber and cold - CSF with 7.5°C and 55% RH). After 300 days of storage, in addition to determining the MC, CE, germination substrate on the sand, we evaluated the health of filter paper method with four replications of 25 seeds. In experiment 1, there was a GU of 8.79% and EC 8.62 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (25 and seeds 25 mL) thus defined on the substrate sand (G 83%) for the experiment 2. In experiment 2, we observed that MC 7.67 (SSF); 10.41 (CUF) and 9.20% for CSF, EC 16.18 and 18.36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively, for seed 25 and 25 mL of distilled water. Although the values have remained near MC, it was observed that the EC values nearly doubled with reduced germination, approximately 57 and 54%,

respectively, cold and dry room and a cold room, which represented the best situation for seed storage ipê-roxo. The germination of seeds of *H. heptaphyllus* can be performed using the technique of sowing on sand at 25°C, constant light, with sowing initial count at 16 seedlings and a final 19 days after. Storing seeds in a dry and cold and/or dry room and cold room environment is most suitable for seed conservation *H. heptaphyllus* for 300 days. Grain stored in a dry and cold room may have an initial count of seedlings to 9 and end at 29 days and dry and cold chamber at 14 and 23 days, respectively. The electrical conductivity no detect the quality of the seeds of *H. heptaphyllus*. The species shows intermediate behavior regarding storage. The cold room is best suited for reducing the incidence of pathogens environment.

Keywords: Ipê-roxo. Germination potential. Storage. Intermediate seed.

3.1 Introdução

A necessidade de manutenção e conservação de espécies florestais nativas tornou-se evidente frente à intensa pressão social e científica pela perpetuação dos remanescentes que ainda possuem cobertura vegetal, bem como pela obrigação de recuperação de áreas degradadas. Assim, a preocupação social e a busca de novos conhecimentos científicos, conforme Sarmiento e Villela (2010), fortalecem as políticas ambientais na promoção de uma maior demanda de sementes e mudas de espécies florestais nativas, que constituem insumo básico para os programas de recuperação ou conservação de ecossistemas, melhoramento vegetal e biotecnologia.

Nesse sentido, visando a produção de sementes e mudas destinadas a revegetação de áreas alteradas tem-se a espécie *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo), pertencente à família Bignoniaceae, que possui ampla distribuição geográfica do Sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, e de grande interesse madeireiro e ecológico de acordo com Lorenzi (2002). Sendo essa uma espécie nativa e adaptada às condições edafoclimáticas da maior parte do Brasil, a qual vem a emergir nesse contexto.

A germinação das sementes dessa espécie ocorre entre 10 e 15 dias após a semeadura, não possuindo dormência (REITZ et al., 1983) e apresenta potencial germinativo, geralmente, alto (71,8%), sendo as sementes classificadas como ortodoxas (WIELEWICKI et al. 2006). Kageyama et al. (1992), observaram que sementes de *H. heptaphyllus* (com teor de umidade inicial – TU de 7% e, germinação - G de 73%) em diferentes ambientes, podem ser armazenadas por até 15 meses em câmara fria e seca (12°C e 50% de umidade relativa - UR) com um TU de 8% e G de 67% e, em câmara seca (20°C e 40% de UR) com TU de 7% e G de 62%. Nesse mesmo estudo, aos 19 meses de armazenamento a germinação nesses ambientes decresce para 36 e 25%, desta forma, sementes de ipê-roxo mantêm sua viabilidade até 15 meses desde que armazenadas em ambiente controlado.

Por outro lado, Grings e Brack (2011) destacam que essa espécie produz grande quantidade de sementes, com elevada viabilidade, todavia devem ser semeadas logo após a colheita, uma vez que perdem o poder germinativo em poucas semanas, quando não são conservados em câmara fria ou seca. Dessa forma, observa-se contrariedade nos estudos referentes à espécie quanto a tolerância das sementes ao dessecação.

Outra problemática é que o ipê-roxo propaga-se por sementes, e seus frutos devem ser colhidos maduros diretamente da árvore, antes que inicie sua abertura e dispersão das

sementes pelo vento (GRINGS; BRACK, 2011), o que ocorre muito rapidamente após a maturação. Contudo, é preciso que se tenham sementes em períodos nos quais não há frutificação e também quando é observada a irregularidade de produção. Desta forma, o armazenamento de sementes revela-se como importante ferramenta para sanar possíveis lacunas na produção de sementes e mudas, sendo que, conforme Marcos Filho (2005), o período de conservação do potencial fisiológico depende, em grande parte, do grau de umidade e das condições de armazenamento. Wielewick et al. (2006) verificaram que sementes de ipê-roxo toleram o armazenamento, desde que estejam em condições de câmara fria e seca (12-17°C e 30-45% de umidade relativa - UR).

Borba Filho e Perez (2009) avaliando o armazenamento de sementes de *Handroanthus roseo-alba* (ipê-branco) e *H. impetiginosus* (ipê-roxo) em diferentes embalagens verificaram que o acondicionamento em embalagem do tipo lata e manutenção em geladeira (4 a 6°C e, 38 a 43% UR) mostrou-se favorável à conservação das sementes dessas duas espécies, com germinação em torno de 80% aos 300 dias de armazenamento. Além disso, nesse mesmo trabalho, sementes de *H. impetiginosus* podem ser armazenadas em sacos de papel Kraft, de polietileno ou latas quando estocadas em câmara refrigerada (14 a 20°C e 74 a 82% UR). Nesse contexto, Carvalho; Silva; Davide (2006) classificaram as sementes florestais quanto ao comportamento durante o armazenamento, sendo *H. crysotrichus*, *H. impetiginosus*, *H. serratifolius* classificadas como ortodoxas.

As características das sementes devem ser avaliadas por meio de testes físicos (teor de umidade, peso de mil sementes, número de sementes por quilograma), fisiológicos (germinação, condutividade elétrica, dentre outros) e sanitários (sanidade e outros) a fim de comprovar a qualidade do lote, bem como fornecer informações que embasem o semeio e conservação das sementes. Os procedimentos acerca desses testes estão descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a; 2009b) e Instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013).

Destaca-se que dentre as informações contidas na literatura, há divergência no que se refere à espécie *Handroanthus heptaphyllus*, assim como informações não validadas para essa espécie nos documentos disponibilizados pelo Ministério da Agropecuária, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Isso passa a ser um entrave à garantia de sementes de ipê-roxo, as quais são o principal meio de reprodução da espécie.

Além disso, é preciso assegurar que a oferta de sementes seja livre de patógenos, pois a presença de fungos pode reduzir a capacidade germinativa de um lote de sementes e apresentar problemas na interpretação dos testes de germinação conduzidos em laboratório

(SANTOS; PARISI; MENTEN, 2011). Dentre os estudos sobre sanidade de sementes do gênero *Handroanthus* destaca-se o de Botelho; Moraes; Menten (2008), em que os autores observaram os seguintes fungos: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Curvularia* sp., *Diplodia* sp.; *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Cladosporium* sp., *Diplodia* sp., *Penincilium* sp., *Epicocum* sp., *Rhizopus* sp., *Phomopsis* sp., *Dechslera* sp., *Geotrichum* sp. e *Trichothecum* sp.

Assim, o presente trabalho teve o objetivo de analisar o substrato adequado para a germinação de *Handroanthus heptaphyllus*, assim como o comportamento das sementes quando submetidas ao armazenamento em diferentes ambientes.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Coleta dos frutos, extração e local de pesquisa

Os frutos de *Handroanthus heptaphyllus* foram coletados, diretamente de oito árvores matrizes com o auxílio de um podão e lona, em dezembro de 2011, quando mudaram da cor verde para preta e antes da dispersão das sementes, logo após a abertura de alguns frutos, na região de Santa Maria, RS (29°47'37''S e 53°40'01''O). Após a coleta, os mesmos foram transportados até o Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29°43'14''S e 53°43'15''O), do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os frutos depois de colhidos foram acondicionados em galpão sombreado e arejado para completarem sua abertura e liberação das sementes. Após foi realizado o beneficiamento a fim de separar as impurezas e as sementes aparentemente inviáveis, prática decorrida durante cerca de sete dias. Nesse período, ocorreu a “cura”, a qual foi necessária para que a umidade presente no entorno das sementes, a qual ocorre em função da presença do fruto junto as sementes, fosse eliminada, a fim de aumentar a conservação e reduzir a ação de patógenos. Assim, passado esse tempo, as sementes compuseram o lote a ser estudado, o qual foi dividido em duas porções, uma destinada ao experimento 1 e outra ao experimento 2.

3.2.2 Experimento 1 – Análise da qualidade fisiológica inicial das sementes de *Handroanthus heptaphyllus*

Primeiramente, no experimento 1 realizou-se a verificação do peso de mil sementes e grau de umidade das sementes de *H. heptaphyllus* e, após verificou-se a análise da qualidade fisiológica inicial, visando obter o substrato adequado para a realização do teste de germinação dessa espécie, bem como a indicação para o experimento 2.

3.2.2.1 Peso de mil sementes e grau de umidade

Após a formação do lote de sementes, sendo obtido o peso de mil sementes foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS), utilizando oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009a), para determinar o peso de mil sementes e o número de sementes por quilograma.

O grau de umidade das sementes foi obtido utilizando-se o método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas (BRASIL, 2009a), com quatro repetições de 25 sementes, resultando na média aritmética das porcentagens das repetições.

3.2.2.2 Análise de substrato adequado à detecção da qualidade fisiológica das sementes

A análise inicial (tempo zero) da qualidade do lote de sementes de *H. heptaphyllus* foi realizada em dezembro de 2011, por meio do teste de germinação, o qual foi realizado em caixas de plástico transparente, tipo “gerbox” (com exceção do substrato rolo de papel), com quatro repetições de 25 sementes, testando-se os seguintes substratos (tratamentos): T1 – sobre papel mata-borrão (2 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel), T2 – entre papel mata-borrão (4 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel); T3 – sobre papel filtro (2 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel), T4 – entre papel filtro (4 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel); T5 – sobre vermiculita (granulometria média, 27g de vermiculita umedecida com 83 mL de água); T6 - entre vermiculita (granulometria

média, 17g de vermiculita embaixo e 10g por cima das sementes, umedecida com 83 mL de água); T7 – sobre areia (fina e peneirada, com malha de 0,84 mm, 300g de areia umedecida com 44 mL de água); T8 – entre areia (fina e peneirada, com malha de 0,84 mm, 200g de areia embaixo e 100g por cima das sementes, umedecida com 44 mL de água) e T9 – rolo de papel (3 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel, colocado dentro de saco plástico).

Para o cálculo da quantidade de água a ser adicionada no substrato areia considerou-se a metodologia proposta por Brasil (2009a), acrescentando um volume de água para 60% da capacidade de campo. O mesmo procedimento foi adotado para o substrato vermiculita. Todos os substratos foram esterilizados em autoclave a 120°C por 2 horas, e os “gerbox” esterilizados com álcool 70° GL. A água utilizada foi destilada e autoclavada.

A desinfestação das sementes foi efetuada com detergente neutro por 5 minutos, após estas foram lavadas por 3 vezes em água destilada (BRASIL, 2011). Em seguida, as sementes foram dispostas sobre ou entre os substratos, sendo os “gerbox” colocados dentro de sacos plásticos transparentes (a fim de manter a umidade) e, conduzidos à câmara de germinação do tipo Mangelsdorf, com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$ e luz constante.

As contagens foram realizadas a cada três dias até o encerramento do teste. Foram consideradas germinadas sob o ponto de vista da tecnologia de sementes (plântulas normais) as sementes que, conforme Brasil (2009a) apresentaram visíveis todas às estruturas essenciais (raiz primária, hipocótilo, epicótilo e cotilédones). A partir desses dados foram calculadas as porcentagens de plântulas normais, plântulas anormais, sementes firmes (duras), mortas, primeira contagem (PC), última contagem (UC) e índice de velocidade de germinação (IVG).

O teste de germinação iniciou no dia 31/12/2011 e foi finalizado em 31/01/2012, com duração de 30 dias.

3.2.3 Experimento 2 - Análise da qualidade fisiológica das sementes de *Handroanthus heptaphyllus* antes e após 300 dias de armazenamento

O armazenamento de *H. heptaphyllus* foi realizado em dezembro de 2011 em sacos de polietileno (90 micras de espessura) lacrados em máquina de selagem, contendo, cerca de, 135 g de sementes (aproximadamente, 2900 sementes). Os mesmos foram colocados dentro de tambores de papel Kraft, permanecendo em três ambientes (tratamentos). Assim, os tratamentos consistiram em: T1 - sala seca e fria (sala de 1,5 m² com ar condicionado

climatizador e um desumidificador - 18°C e 49% umidade relativa - UR); T2 - câmara úmida e fria (8°C e 80% UR); T3 - câmara seca e fria (7,5°C e 55% UR), os quais foram comparados ao T4, que constituiu o tempo zero (sem armazenamento). As sementes ficaram armazenadas durante 300 dias (dez meses) nos locais T1, T2 e T3, quando foram realizados testes em outubro de 2012.

Para os testes inicialmente misturou-se as sementes de cada armazenamento. A determinação do peso de mil sementes e do grau de umidade seguiu a mesma metodologia utilizada no tempo zero para cada tratamento. O teste de germinação foi instalado seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente, porém, foi adotado o substrato sobre areia, utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, pois o número de sementes era reduzido. A escolha do substrato também se deu em função desse material ser facilmente encontrado, ter baixo custo, ser de fácil manuseio e de baixa proliferação de fungos. O teste de germinação foi instalado em 02/10/2012 e finalizado em 02/11/2012, com duração de 30 dias.

Aliado a isso, foram avaliados os fungos que ocorrem associados às sementes de *H. heptaphyllus* após armazenamento. Tal avaliação foi possível por meio do teste de sanidade, a mesma se fez necessária pois no experimento de produção de mudas durante a fase de viveiro (Capítulo II) foram observados sintomas de doença. Dessa forma, houve interesse de conhecer os agentes causadores dessa enfermidade.

O teste de sanidade foi realizado no Laboratório de Fitopatologia Elocy Minussi do Departamento de Defesa Fitossanitária, UFSM (29°43'06''S e 53°43'00''O). Primeiramente, as caixas "gerbox" foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio 1% e álcool 70%, estas foram forradas com duas folhas de papel filtro esterilizadas e umedecidas com água destilada e esterilizada e, após as sementes foram então distribuídas sobre este papel (BRASIL, 2009b). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, para cada tratamento, correspondendo aos diferentes ambientes de armazenamento, anteriormente mencionados. A incubação foi realizada em câmara com temperatura controlada a 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz fluorescente durante sete dias. Após esse período efetuou-se a identificação e quantificação dos fungos com auxílio de microscópio estereoscópico e óptico segundo Barnett e Hunter (1999).

3.2.4 Experimento 3 – Condutividade elétrica massal de sementes

Em ambos os experimentos 1 e 2 determinou-se a condutividade elétrica massal, esta foi efetuada em esquema fatorial 2x4, constituído por duas quantidades de sementes e três volumes de água destilada. As duas quantidades de sementes (Fator A - 25 e 50 sementes), primeiramente foram pesadas em balança digital de precisão do tipo capela (0,001 g). Posteriormente, essas foram colocadas em copos de plástico de 200 mL, nos quais foram imersas em diferentes quantidades de água destilada (Fator B - 25, 50 e 75 mL). Após esses recipientes passaram por um tempo de embebição de 24 horas, incubadas em câmara de germinação a 25°C, sendo que os copos foram cobertos com papel alumínio.

Após a embebição, realizou-se a homogeneização da solução, agitando-a levemente em movimentos circulares, sendo então, medida a condutividade elétrica (CE) tanto da água deionizada, visando à calibração e o ajuste, como das amostras com sementes, utilizando condutivímetro. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, obtidos por meio da fórmula:

$$CE_{\text{ sementes}} = \frac{CE_{\text{ amostra}} (\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}) - CE_{\text{ água destilada}} (\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})}{\text{Peso da amostra de sementes (g)}}$$

Sendo: condutividade elétrica (CE) das sementes representada por CE sementes, CE amostra se refere a CE sem o desconto da CE da água destilada e, CE da água destilada igual a CE água destilada.

3.2.5 Delineamento e análise estatística

Para os três experimentos utilizou-se o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Os dados passaram por testes para verificar se os mesmos atenderam aos pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) por meio de testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p < 0,05$), respectivamente. No caso de alguma dessas pressuposições não ter sido atendida foi realizada a transformação dos dados (SANTANA; RANAL, 2004). Para dados em porcentagem seguiu-

se a recomendação das mesmas autoras, sendo a transformação feita em arco seno ($\sqrt{x/100}$) e, para os demais $\sqrt{x+0,5}$. Sendo X = variável.

A análise estatística foi efetuada com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2008), submetendo os dados à análise de variância (ANOVA) e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F ($p < 0,05$), efetuou-se a comparação de médias pelos testes t de Student (LSD - teste da diferença mínima significativa) e de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

3.3 Resultados e discussões

3.3.1 Análise de substrato adequado à detecção da qualidade fisiológica das sementes de *Handroanthus heptaphyllus*

As sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) que compuseram o lote analisado nesse estudo apresentaram como valores iniciais (tempo zero) para o peso de 1.000 sementes igual a $45,8 \pm 0,10$ g (Coeficiente de variação - CV = 2,24%), o que representa 21.834,06 sementes.kg⁻¹. O número de sementes por quilograma foi superior ao encontrado por Figliolia; Piña-Rodrigues; Nogueira (2007) para sementes de *H. heptaphyllus* (18.000), estando dentro dos limites de 18.000 a 62.000 sementes por quilograma propostos por Brasil (2013) para a espécie ipê-roxo.

O grau de umidade (GU) foi de $8,79 \pm 0,32\%$ (CV = 3,66%), sendo semelhante ao valor mencionado por Wielewick et al. (2006) os quais verificaram um GU de 9,2%. Entretanto, foi inferior a resultados de Martins; Lago; Cicero (2012) que foi de 18,5% e, inferior à outra espécie de *Handroanthus* (*H. crysotrichus* – ipê-amarelo) estudado por Martinelli-Seneme; Hoffman; Possamai (2008) que observaram um GU de 22,4%.

Verificou-se que para a primeira (PC) e última contagem (UC) do percentual de germinação de plântulas normais que não houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo a PC e a UC podendo ser realizadas, respectivamente, aos 17 ± 6 dias e aos 23 ± 4 dias com após a instalação do teste, a primeira com germinação de 61% e a última com 5%. Os resultados encontrados nesse estudo concordam com os observados por Wielewicki et al.

(2006), os quais propuseram como padrões para o ipê-roxo, teste de germinação com duração de 13 ± 3 dias e, ao recomendado por Brasil (2013), a PC aos 14 e a UC aos 28 dias.

Os valores do percentual de germinação (G%) permitiram identificar o melhor tratamento (substrato) para a realização desse teste em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Apêndice 1), observando-se que não diferiram entre si os substratos entre papel mata-borrão (EPMB), entre vermiculita (EV), sobre areia (SA), entre areia (EA), sobre vermiculita (SV) e entre papel filtro (EPF), com valores de, respectivamente, 84, 83, 83, 81, 79, 77%, desta forma, qualquer desses é adequado para a espécie em questão (Tabela 5).

Ambos os substratos antes citados diferiram do tratamento sobre papel filtro (SPF), rolo de papel (RP) e sobre papel mata-borrão (SPMB), sendo que este último com a menor média (48%), todos considerados como inapropriado para sementes de ipê-roxo (Tabela 5 e Apêndice 3).

Tabela 5 – Valores médios de plântulas normais (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais (AN), sementes mortas (SM) e sementes duras (SD) de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes substratos no teste de germinação no tempo zero, Santa Maria, RS.

Tratamento	G (%)	PC (dias)	IVG	AN (%)	SM (%)	SD (%)
1 - SPMB	48 c*	31 ^{ns}	0,64 c	31 a	19 ^{ns}	2 ^{ns}
2 - EPMB	84 a	13	1,51 a	0 b	16	0
3 - SPF	64 b	19	0,82 b	17 a	19	0
4 - EPF	77 a	16	1,32 a	1 b	22	0
5 - SV	79 a	16	1,39 a	2 b	19	0
6 - EV	83 a	13	1,50 a	1 b	16	0
7 - SA	83 a	13	1,52 a	1 b	16	0
8 - EA	81 a	13	1,43 a	3 b	16	0
9 - RP	64 b	19	1,01 b	6 b	29	1
Média	74	17	1,24	6,89	19,11	0,33
CV (%)	13,04	34,17	15,45	86,92	42,78	447,21

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo Teste Scott-Knott; ^{ns} = não significativo; CV = coeficiente de variação; 1 – sobre papel mata-borrão (SPMB), T2 – entre papel mata-borrão (EPMB); T3 – sobre papel filtro (SPF), T4 – entre papel filtro (EPF); T5 – sobre vermiculita (SV); T6 - entre vermiculita (EV); T7 – sobre areia (AS); T8 – entre areia (EA) e T9 – rolo de papel (RP).

A avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG) corroborou os resultados verificados na germinação, a qual indicou como melhores substratos: entre papel mata-borrão, entre vermiculita, sobre areia, entre areia, sobre vermiculita e entre papel filtro (Tabela 5). A análise do IVG permite inferir sobre o vigor das sementes acondicionadas entre papel mata-borrão, entre vermiculita, sobre areia, entre areia, sobre vermiculita e entre papel filtro, pois

valores mais altos indicam uma condição melhor a germinação nos substratos anteriormente citados.

Em estudo realizado por Martinelli-Seneme; Hoffman; Possamai (2008) testando diferentes substratos na germinação de sementes de *H. crysotrichus* verificaram que o melhor substrato foi o sobre areia, corroborando os resultados deste estudo. Por outro lado, tanto Wielewick et al. (2006) como Azevedo (2008) recomendam o substrato RP para a realização de testes de germinação com *H. heptaphyllus* divergindo do que foi observado neste trabalho, Brasil (2013) também indica o uso de RP.

A análise da porcentagem de plântulas anormais (AN) no decorrer do experimento permite inferir que o substrato sobre papel mata-borrão (31%) e sobre papel filtro (17%) foram responsáveis pelos maiores valores de anormalidades, entendendo-se que esses não são apropriados à germinação de sementes de ipê-roxo. A porcentagem de sementes mortas e duras não foi significativa a 5% de probabilidade de erro para os diferentes tratamentos avaliados (Tabela 5). A mortalidade de sementes pode estar associada a presença de fungos, desta forma, há a necessidade de se conhecer quais fungos estão presentes junto a sementes.

Dessa forma, diverge-se de algumas indicações quanto ao uso do substrato RP, assim como de outros testados (Tabela 6), indicando-se o uso do método e substrato sobre areia, que além de elevada germinação e maior IVG, pode ser facilmente encontrado e manipulado, ter baixo custo e baixa proliferação de fungos. Assim, esse substrato foi considerado como o mais adequado para a realização do experimento 2 (Item 3.3.2).

3.3.2 Análise da qualidade fisiológica das sementes antes e após o armazenamento

O lote de sementes de *H. heptaphyllus* também foi analisado ao final do período de armazenamento (300 dias) nos diferentes ambientes (sala seca e fria - SSF, câmara úmida e fria - CUF e, câmara seca e fria - CSF), obtendo-se valores para o peso de 1000 sementes (PMS) de, respectivamente, $32,20 \pm 0,07$ g (CV = 1,92%), $36,46 \pm 0,21$ g (CV = 5,71%) e, $36,69 \pm 0,18$ g (CV = 4,93%), representando em cada ambiente de armazenamento 31.055,90; 27.427,32 e 27.255,38 sementes.kg⁻¹. Aos 300 dias de armazenamento para ambas as condições de armazenamento houve diminuição do PMS. O PMS foi menor em todos os ambientes em relação ao tempo zero, sugere-se que este fato pode ter ocorrido em função da deterioração das sementes.

O grau de umidade (GU) nos diferentes ambientes (SSF, CUF e CSF) foi, respectivamente, de $7,67 \pm 0,47\%$ (CV = 6,16%); $10,41 \pm 0,94\%$ (CV = 9,07%) e, $9,29 \pm 0,37\%$ (CV = 3,96%). Em relação ao GU houve uma redução em relação ao tempo zero para SSF, para CUF e, CSF ocorreu aumento do GU. O maior aumento no GU observado no ambiente de CUF pode estar relacionado ao fato desse ambiente possuir 80% de UR, no qual provavelmente houve absorção de umidade por parte das sementes, pois a embalagem utilizada para o armazenamento é classificada conforme Marcos Filho (2005) como semipermeável (plástico polietileno).

As sementes de *H. heptaphyllus*, após estocagem (300 dias) em três diferentes ambientes apresentaram tempo semelhante da primeira (PC) e última contagem (UC). Logo, esses parâmetros não indicaram diferença significativa entre os tratamentos testados. Entretanto, para a SSF e CUF a PC pode ser realizada aos 9 dias após a instalação do teste e, para câmara seca e fria aos 14 dias, ambos os três ambientes de armazenamento, representando uma germinação de 55%, sendo a UC realizada, respectivamente, aos 29, 26 e 23 dias, indicando a desuniformidade do vigor das sementes.

A germinação foi superior para as sementes não armazenadas (NA = 83%) sendo significativa, em relação aos demais tratamentos, o que era esperado (Tabela 6). Porém, quando se analisa o armazenamento, constata-se que, o ambiente SSF, bem como em CSF, apesar da redução da germinação ($\approx 56\%$, $p < 0,05$) aos 300 dias de armazenamento (Apêndice 4), o que representa uma diminuição de 33% do potencial germinativo em relação às sementes NA (Tabela 6 e Apêndice 1). Entretanto, esses foram ambientes mais adequados do que a CUF com média inferior as demais (38%), condizendo com a redução do potencial germinativo de 54%, em comparação as sementes não armazenadas.

Tabela 6 – Valores médios de plântulas normais (G), índice de velocidade de germinação (IVG), sementes anormais (AN), e mortas (SM) de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no teste de germinação das sementes não armazenadas e após 300 dias de armazenamento, Santa Maria, RS.

Tratamento	G (%)	IVG	AN (%)	SM (%)
1 – SSF	57 b*	1,39 a	4 ns	39 b
2 – CUF	38 c	0,84 b	1	61 a
3 – CSF	54 b	1,28 a	3	43 b
4 – NA	83 a	1,52 a	1	16 c
Média	58	1,25	2,25	39,75
CV (%)	13,72	13,76	147	23,64

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo Teste Scott-Knott; ns = não significativo; CV = coeficiente de variação; 1 – SSF (sala seca e fria, 18°C e 49% UR), 2- CUF (câmara úmida e fria, 8°C e 80% UR); 3 - CSF (câmara seca e fria, 7,5°C e 55% UR) e 4 – NA – sementes não armazenadas (testemunha)

Desta forma, sementes de *H. heptaphyllus* que não forem utilizadas logo após a colheita, as quais venham a necessitar serem submetidas ao armazenamento, conservam 54 e 57% da capacidade germinativa aos 300 dias após a colheita, respectivamente, em SSF e, CSF, podendo ambos os ambientes ser utilizados, contudo, a CUF não é adequada para essa espécie. Esses resultados confirmam descrição de Piña-Rodrigues (2002) que sugere para sementes dos ipês armazenamento em câmara seca (15 a 21 °C, 40 a 60% de UR), por cerca de 6 meses em embalagens de papel, recomendando ainda, esse tipo de ambiente para espécies com frutos e sementes secas, as quais são dispersas pelo vento.

Carvalho; Silva; Davide (2006) verificaram que as sementes de *Handroanthus crysotrichus* (ipê-amarelo) logo após serem colhidas apresentavam GU de 28,2% e, percentual de germinação de 31%. Esse lote, após armazenamento por 90 dias em temperaturas de 5 e de -18°C, reduziram o GU para 7,3%, atingindo 48 e 46% de germinação, respectivamente nos diferentes ambientes de armazenamento, conferindo à espécie comportamento ortodoxo. No entanto, a pré-secagem dessas sementes para 7,3% seguida pelo armazenamento com embalagem impermeável sob 5°C ou -18°C proporcionou a manutenção da viabilidade por 90 dias, além da germinação ter sido potencializada nessas condições, o que sugeriu imaturidade das sementes, pois houve aumento na porcentagem de germinação após a secagem e a estocagem. Esse resultado difere do encontrado nesse estudo no qual houve redução da germinação após 300 dias de armazenamento.

Em relação ao IVG o maior valor observado foi para as sementes não armazenadas (1,52) (Tabela 6), semelhante aquela das sementes armazenadas em SSF e, CSF, confirmando a manutenção do vigor das sementes que se mantêm viáveis após armazenamento apesar da tendência à redução do IVG nessas condições de estocagem.

O IVG baseia-se no pressuposto de que sementes mais vigorosas germinarão mais rapidamente (PIÑA-RODRIGUES et al., 2004). O vigor das sementes permite a detecção da diferença na qualidade fisiológica de lotes, que apresentam poder germinativo semelhante e que podem exibir comportamentos distintos, em condição de campo ou mesmo durante o armazenamento (SANTOS; PAULA, 2009). Apesar deste estudo com armazenamento de sementes de ipê-roxo ter confirmado a SSF e a CSF como ambientes mais adequados para o armazenamento, não houve diferença do IVG destes com o IVG do tempo zero .

A porcentagem de sementes mortas foi superior na câmara úmida e fria, representando 61% de mortalidade, diferenciando-se dos demais tratamentos (Tabela 8). A taxa mortalidade foi superior em relação ao tempo zero, sugerindo que os fungos associados às sementes podem ter causado a deterioração, incorrendo em maior mortalidade das mesmas. Tal fato

pode ser comprovado ao analisar os resultados do teste de sanidade, no qual os gêneros de fungos *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium* (Tabela 9) pode ter causado a redução do poder germinativo e morte das sementes.

Constatou-se que a mortalidade estava associada à proliferação de fungos, situação estudada aos 300 dias após o armazenamento nos diferentes ambientes (SSF, CUF e, CSF), onde foi possível verificar dez diferentes gêneros de fungos associados às sementes de *Handroanthus heptaphyllus*: *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Epicoccum* sp., *Bipolaris* sp., *Phomopsis* sp., *Rhizopus* sp. e *Pestalotia* sp.

A maior ocorrência foi de *Cladosporium* sp. (85%) e *Fusarium* sp. (82%) nas sementes armazenadas em SSF e em CUF. Neste último ambiente de armazenamento, foi encontrada a maior porcentagem de *Aspergillus* sp. (74%), sendo superior em relação a SSF e CSF (Tabela 7). Para os demais gêneros de fungos não houve diferença significativa entre SSF, CUF e CSF.

Tabela 7 – Fungos associados a sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos armazenadas em diferentes ambientes após 300 dias de armazenamento, Santa Maria, RS.

Ambiente de armazenamento	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp. %	<i>Fusarium</i> sp.
1 - SSF	23 a*	85 b	82 b
2 - CUF	74 b	55 a	23 a
3 - CSF	15 a	47 a	9 a
Média	37,33	62,33	38,00
CV (%)	23,82	17,67	26,37

*médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação; 1 – SSF: sala seca e fria, 18°C e 49% UR, 2 - CUF: câmara úmida e fria, 8°C e 80% UR e, 3 – CSF: câmara seca e fria, 7,5°C e 55% UR. Teste realizado no Lab. de Patologia do Dpto de Fitotecnica/UFMS em outubro de 2012, Santa Maria/RS.

Cherobini; Muniz; Blume (2008) avaliando a qualidade de sementes de cedro também verificaram a presença dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, os quais conforme as autoras possuem a capacidade de reduzir o poder germinativo da semente e causar a morte do embrião. Para esses autores, o fungo *Aspergillus* correspondeu a 2,9%, resultado inferior ao encontrado neste estudo, independente do ambiente de armazenamento.

A maior ocorrência de fungos *Aspergillus* sp. associada ao ambiente de armazenamento de câmara úmida e fria pode ter ocorrido em função da alta umidade desse local, o que favoreceu o aparecimento desse patógeno, diminuindo a viabilidade das sementes,

pois conforme Dhingra (1985), esse fungo causa danos durante o armazenamento de sementes. O *Fusarium* sp. classificado como um fungo patogênico por Santos et al. (2001), ocorreu em alta porcentagem na SSF. Entretanto, não interferiu na germinação das sementes, tendo em vista o percentual de germinação e IVG (Tabela 6), quando comparados aos demais armazenamentos.

Botelho; Moraes; Menten (2008) identificaram e quantificaram 16 fungos associados a sementes de *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo): *Cladosporium* sp., *Alternaria alternata*, *Epicoccum* sp., *Phoma* sp., *Geotrichum* sp., *Trichothecium* sp., *Phomopsis* sp., *Drechslera* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Nigrospora* sp., *Lasiodiplodia theobromae* e *Septoria* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. Fungos do gênero *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus*, são considerados causadores de danos em condições de armazenamento, sendo os principais responsáveis pela perda da viabilidade das sementes, pois se localizam, preferencialmente, no embrião (DHINGRA, 1985). Dentre os fungos potencialmente patogênicos estão *Cylindrocladium* sp., *Botrytis* sp., *Fusarium* sp. e *Rhizoctonia* sp. (SANTOS et al., 2001), muitos desses trabalhos evidenciados neste estudo, podem ter potencializado a redução da germinação de sementes armazenadas.

Contudo, observou-se que a espécie logo após a coleta das sementes possui elevada germinação ($\approx 80\%$), o que pode ser comprovado nos testes de germinação, que utilizam substratos como: sobre e entre areia, sobre e entre vermiculita, entre papel mata-borrão e filtro. No entanto, o armazenamento em ambiente controlado com baixa umidade ($\leq 55\%$) e temperatura ($\leq 18^\circ\text{C}$), apesar de reduzir a germinação para cerca de 50% do potencial de germinação inicial, permite maior segurança da disponibilidade de mudas entre coletas anuais, embora tenha maior custo de produção. Nesse sentido, o grau de umidade (GU) obtido no tempo zero e após o armazenamento sugerem que a espécie possui comportamento intermediário em relação à dessecação, além do fato que mantém, aproximadamente, 60% da germinação inicial após 300 dias de armazenamento. Os resultados de GU estiveram dentro dos limites descritos por Fonseca e Freire (2003) que inferiram que sementes intermediárias possuem valores entre 10 e 12%, da mesma forma Davide e Silva (2008) estabeleceram valores entre 10 e 12%.

A maior preocupação, entretanto, estará no fato dessa espécie não produzir sementes anualmente ou produzir irregularmente entre anos. Nesse caso, diante de observação de que não há frutificação ou que essa ocorre em fraca intensidade entre anos consecutivos, uma opção é utilizar sementes armazenadas em sala seca e fria e/ou em câmara seca e fria. Assim,

deve-se semeá-las em sementeiras para posterior repicagem, a fim de evitar falhas na emergência.

3.3.3 Condutividade elétrica massal das sementes

Para o teste de condutividade elétrica (CE) houve interação entre o número de sementes e o volume de água destilada ($p < 0,05$) (Apêndice 2). Avaliando o desdobramento, primeiramente, das distintas quantidades de sementes dentro dos diferentes volumes, verifica-se que o valor da CE para 25 sementes foi diferente estatisticamente dentro dos diferentes volumes dos demais, sendo o maior valor observado para 25 mL ($8,62 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). O número de 50 sementes apresentou maior CE para 25 mL, entretanto, esse não diferiu de 50 mL, ambos foram superiores estatisticamente a 75 mL de água destilada (Tabela 8).

Tabela 8 – Condutividade elétrica (CE) massal em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) após coleta e beneficiamento (tempo zero), Santa Maria, RS.

Número de sementes	Volume de água destilada ¹ (mL)		
	25	50	75
25	8,62 Aa*	5,55 Ba	3,25Ca
50	5,50 Ab	4,70 Ab	3,15 Ba

*médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo Teste t de Student (LSD – teste da diferença mínima significativa) a 5% de probabilidade de erro. 1= Condutividade elétrica da água destilada = $0,42 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$

Assim, em primeira análise observa-se que o número de sementes, bem como o volume de água destilada é sensível e coerente à detecção da qualidade das sementes de ipê-roxo. Essa resposta é esperada tendo em vista, que as sementes são provenientes de um mesmo lote, assim, o menor volume de água tende a representar maior concentração de sais lixiviados. Além disso, acredita-se que no menor volume de água destilada (25 mL) nem todas as sementes foram embebidas corretamente, pois a camada sobreposta era espessa e, sendo assim, nem todas as sementes liberaram eletrólitos.

Ao analisar o aumento no volume de água destilada, percebeu-se mesma tendência, com redução da CE. Borba Filho e Perez (2009) avaliando a CE no tempo zero de

armazenamento para sementes de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) e *Handroanthus roseo-alba* (ipê-branco) constataram valores superiores aos deste estudo para 75 mL de água deionizada, 246,63 e 14,76 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. Isso indica que espécies do mesmo gênero, apresentam respostas diferentes para a CE.

Para a CE após os 300 dias de armazenamento, o número de sementes e os volumes de água destilada foram significativos quando analisados como fator principal ($p < 0,05$), entretanto, não houve interação entre os três fatores (quantidade de sementes volume de água destilada e ambientes de armazenamento) e nem diferença para os distintos ambientes de armazenamento (Apêndice 2).

A CE foi maior quando se utilizou menor número de sementes (16,36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), da mesma forma, para os volumes de água destilada, a maior CE foi observada no volume de 25 mL (18,49 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), o qual foi superior aos demais (Tabela 9). Entretanto, a redução do volume de água destilada apresentou comportamento inversamente proporcional a CE, observando-se a maior CE com 25 mL, condição em que a leitura é dificultada.^b

Tabela 9 – Condutividade elétrica massal média ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos proveniente de três armazenamentos após 300 dias.

Número de sementes	Volume de água destilada ¹ (mL)			Média
	25	50	75	
25	21,40	14,99	12,70	16,36 a
50	15,58	11,94	9,55	12,36 b
Média	18,49 a	13,47 b	11,13 c	14,36

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si estatisticamente pelo Teste t de Student (LSD – teste da diferença mínima significativa) a 5% de probabilidade de erro. 1= Condutividade elétrica da água destilada = 0,15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$

A CE após o armazenamento em relação ao tempo zero (8,62 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) apresentou valores superiores indicando a redução do vigor das sementes de ipê-roxo (Tabela 8). Popinigis (1985) infere que o teste de CE tem por princípio o aumento da permeabilidade da membrana à medida que a semente se deteriora desta forma, quanto maior o valor aferido maior é a quantidade de eletrólitos lixiviados dos tecidos das sementes para a água. A perda de lixiviados inclui açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos e, sob condições de campo, essa liberação, além de provocar a perda de compartimentalização

celular, estimula o crescimento de micro-organismos nocivos à emergência de plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

Por meio desse teste, pode-se observar que não ocorreu diferença significativa entre as diferentes condições de armazenamento, havendo significância do número de sementes e do volume de água destilada utilizada.

Borba Filho e Perez (2009) verificaram que para sementes de *Handroanthus roseoalba* (ipê-branco) e *H. impetiginosus* (ipê-roxo) com GU inicial de, respectivamente, 7,9 e 8,3%, armazenadas em diferentes condições também por 300 dias, que a CE não foi sensível para refletir a redução do vigor detectada pelo teste de germinação após o armazenamento, os resultados encontrados por esses autores foram similares aos encontrados neste estudo com sementes de *H. heptaphyllus*.

Observou-se que os valores de CE para as sementes armazenadas não apresentaram diferença significativa entre os distintos ambientes de armazenamento, porém diferiram das sementes não armazenadas (Quadro 1). Dessa forma, os resultados para CE não foram capazes de detectar as variações do vigor de sementes de *H. heptaphyllus*. Para facilitar o teste de CE, bem como a leitura, utilizou-se 25 sementes e 50 mL de água destilada, em função de que o uso de 25 mL dificulta a embebição e, também a leitura para sementes dessa espécie (Quadro 1).

Tratamento	Média
1 – Sala seca e fria (SSF)	14,86 a* ¹
2 – Câmara úmida e fria (CUF)	13,40 a ¹
3 – Câmara seca e fria (CSF)	16,19 a ¹
4 – Sementes não armazenadas (NA)	5,55 b ²

Quadro 1 – Condutividade elétrica massal média ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) com 25 sementes e 50 mL de água destilada em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no tempo zero proveniente de três armazenamentos após 300 dias. *médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si estatisticamente pelo Teste t de Student (LSD – teste da diferença mínima significativa) a 5% de probabilidade de erro. 1 e 2= Condutividade elétrica da água destilada = 0,15 e 0,41 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente.

3.4 Conclusão

O teste de germinação de sementes de *Handroanthus heptaphyllus* pode ser realizado utilizando-se a técnica de semeadura sobre areia, na temperatura de 25°C, luz constante, com contagem inicial de plântulas aos 16 dias após a semeadura e final aos 19.

O armazenamento das sementes em ambiente de sala seca e fria e/ou em câmara seca e fria é adequado à conservação das sementes de *H. heptaphyllus* por um período de 300 dias.

Sementes armazenadas em sala seca e fria podem ter contagem inicial de plântulas aos 9 e final aos 29 dias e, em câmara seca e fria aos 14 e 23 dias, respectivamente.

A condutividade elétrica não detecta a qualidade das sementes de *H. heptaphyllus*.

A espécie apresenta comportamento intermediário em relação ao armazenamento.

A câmara fria e seca é o ambiente mais adequado para redução da incidência de patógenos.

4 CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DO RECIPIENTE E ADUBAÇÃO DE BASE NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos

4 CHAPTER II - INFLUENCE OF THE CONTAINER AND FERTILIZER BASED ON GROWTH OF SEEDLINGS *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar o desempenho das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* produzidas em viveiro em diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada. Em viveiro, foi avaliado o efeito de dois volumes de tubete (110 e 180 cm³), combinados com quatro doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), NPK (18-05-09), nas doses de 0 (testemunha), 2,5; 5,0 e 7,5 g.L⁻¹ de substrato. Foram realizadas, aos 180 dias após o semeio, as avaliações de altura (H), diâmetro coleto (DC), relação H/DC, a massa seca aérea (MSA), do sistema radicular (MSR) e total (MST), relação MSA/MSR, além da área foliar (AF). No viveiro, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x4), correspondendo a dois tamanhos de recipientes e a quatro doses de FLC, com quatro repetições. Houve interação entre o tamanho do recipiente e a adubação de base para a H, o DC e H/DC. As variáveis MSA, MSR, MST, MSA/MSR, IQD e AF foram influenciadas somente pelo fator adubação de base. Os maiores valores para estas variáveis foram, respectivamente, de 15,68 cm; 6,55 mm, 2,58 cm.mm⁻¹; 2,05 g; 2,03 g; 3,84 g; 1,46; 1,15 e 246,97 cm². A espécie *H. heptaphyllus* é exigente nutricionalmente respondendo a elevada dose de FLC. Na condição desse estudo, recomenda-se dose mínima de 7,2 g.L⁻¹ para o tubete de 110 cm³ e 6,1 g.L⁻¹ para o tubete de 180 cm³. A espécie tem potencial para responder positivamente sob doses de FLC superiores a 7,5 g.L⁻¹.

Palavras-chave: Ipê-roxo. Volume de recipiente. Fertilizante de liberação controlada. Morfometria.

ABSTRACT

This study aimed to verify the performance of *Handroanthus heptaphyllus* seedlings grown in nurseries in different container sizes and doses of controlled-release fertilizer. In the nursery, the effect of two cartridge volumes (110 and 180 cm³), combined with four doses of controlled-release fertilizer (CRF), NPK (18-05-09) at doses of 0 (control), 2 has been reported , 5 , 5.0 and 7.5 gL⁻¹ substrate. Assessments of height (H), diameter Collectors (DC), H/DC, shoot dry mass (MSA), the root system (MSR) and total (MST) were performed at 180 days after sowing, ratio MSA/MSR, besides leaf area (LA). In the nursery, the experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial (2x4) schema corresponding to two sizes of containers and four doses of FLC with four replications. There was an interaction between the size of the container and fertilizer application to H, DC and H/DC. The MSA, MSR, MST, MSA/MSR, IQD and LA variables were influenced only by fertilization applicaton factor. Higher values for these variables were respectively 15.68 cm, 6.55 mm, 2.58 cm.mm⁻¹, 2.05 g, 2.03 g, 3.84 g, 1.46, 1.15 and 246.97 cm². The *H. heptaphyllus* nutritionally demanding species is responding to high dose of CRF. The condition of this study, a minimum dose of 7.2 g L⁻¹ is recommended for the cartridge of 110 cm³ and 6.1 gL⁻¹ for the cartridge of 180 cm³. The species has the positively potential to respond to doses of FLC exceeding 7.5 gL⁻¹.

Keywords: Ipê-roxo. Volume of container. Controlled-release fertilizer. Morphometry.

4.1 Introdução

O *Handroanthus heptaphyllus*, conhecido, popularmente, como ipê-roxo, é uma espécie brasileira nativa, pertencente à família Bignoniaceae, que ocorre desde a Bahia até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2003). O mesmo autor descreveu o ipê-roxo como sendo uma planta decídua, classificada como secundária tardia. Lorenzi (2002) relatou que o desenvolvimento de mudas dessa espécie é considerado rápido, ficando aptas para o plantio definitivo em quatro meses, contudo, o crescimento a campo é moderado. O ipê-roxo, no Rio Grande do Sul não consta dentre as espécies ameaçadas de extinção, entretanto, conforme Grings e Brack (2011) em alguns estados, como no Paraná está na lista das espécies vulneráveis.

Um dos entraves à produção de mudas é o crescimento lento de algumas espécies que necessitam de maior tempo para se desenvolverem, como as secundárias e climácicas. Dessa maneira, é essencial a definição de protocolos e estratégias que favoreçam a produção de mudas com qualidade e menor espaço de tempo, favorecendo os produtores rurais (CUNHA et al., 2005).

As espécies florestais nativas possuem peculiaridades desde a coleta de sementes até a produção de mudas, assim, a adoção de práticas adequadas em viveiro, como a definição do volume de recipiente, do substrato, adubação, dentre outros fatores, geram o desenvolvimento de mudas com menor custo (VENTURA, 2012). Conforme Gomes e Paiva (2011) o tipo de recipiente e suas dimensões (volume) exercem influência tanto na qualidade e nos custos de produção, como também a disponibilidade de água e nutrientes às mudas.

A adoção de técnicas de fertilização do substrato tem sido apontada como fator relevante para aumentar o crescimento e qualidade de mudas de essências florestais (ROSSA et al., 2013). Desta forma, o uso de fertilizantes de liberação controlada proporciona uma alternativa para redução de problemas relacionados à lixiviação ou volatilização de nutrientes, sem, no entanto, prejudicar o crescimento das plantas (GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2003). Além disso, esse tipo de fertilização de base (no substrato) elimina ou reduz a necessidade de adubação de cobertura.

Nesse sentido, a produção de mudas de espécies de interesse ambiental e comercial tem demandado o desenvolvimento de pesquisas para a produção de mudas com insumos adequados e que proporcionem as características ideais às plantas, garantindo sucesso no futuro povoamento florestal (ROSSA et al, 2013). Na determinação dessas características faz-

se o uso dos parâmetros morfológicos, dentre os quais se destacam altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, massa seca aérea, massa seca radicular, área foliar e índice de qualidade de Dickson (GOMES; PAIVA, 2011).

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão mais intuitiva por parte dos viveiristas, contudo, ainda carece de uma definição mais adequada para responder às exigências quanto à sobrevivência e crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio (GOMES et al., 2002). Gonçalves et al. (2005) considera que uma muda de qualidade adequada deve ter aparente vigor e estado nutricional apropriado, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie, com altura ideal que varia entre 20 e 35 cm e, o diâmetro do coleto entre 5 e 10 mm.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros morfológicos capazes de identificar tamanhos de recipientes e doses de fertilizante de liberação controlada mais adequados à produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus*.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Volume de substrato e doses de adubação de base

O experimento foi conduzido de janeiro a julho de 2012, em casa de vegetação, pertencente ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29°43'14"S e 53°43'15"O) do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A região de Santa Maria, RS, conforme a classificação de Köppen apresenta clima do tipo 'Cfa' (subtropical úmido), caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C, e do mês mais quente superior a 22°C (MORENO, 1961). Conforme o mesmo autor, a precipitação média anual é de 1.769 mm, apresentando quatro estações distintas, cujos meses mais frios incluem entre junho e agosto, e os mais quentes entre dezembro e março. Durante o período de estudo, dados de temperatura (mínima, média e máxima), e umidade relativa foram mensurados junto a Estação Climatológica Principal de Santa Maria, instalada no campus da Universidade Federal de Santa Maria (Apêndice 5).

As sementes utilizadas no trabalho foram provenientes do mesmo lote dos testes descritos no capítulo I. O experimento foi planejado em esquema fatorial 2x4, constituído por dois tamanhos de recipiente e quatro doses de adubação de base, totalizando 8 tratamentos com quatro repetições cada, distribuídas aleatoriamente.

Os recipientes utilizados foram do tipo tubetes cônicos de polipropileno (Fator A) com as seguintes capacidades volumétricas: de 110 cm³ (diâmetro superior de 33,91 cm, 14 cm de altura e 6 frisos internos) e de 180 cm³ (diâmetro superior de 50,72 cm, 13,5 cm de altura e 4 frisos internos), acondicionados em bandejas plásticas suspensas a 16 cm da superfície do solo (contendo 96 e 54 células, respectivamente, para cada tubete). Com a finalidade de manter a mesma da área crescimento entre os dois recipientes (110 e 180 cm³), utilizou-se a distribuição de mudas dentro de cada bandeja conforme exemplo esquemático demonstrado na Figura 1. Na bandeja destinada aos tubetes de 110 cm³ foi feito o sorteio dos tratamentos (T1 ao T4) e respectivas repetições (R1 a R4), da mesma forma foi efetuada na bandeja de 180 cm³ (T5 ao T8 e, da R1 a R4), com 12 mudas por repetição.

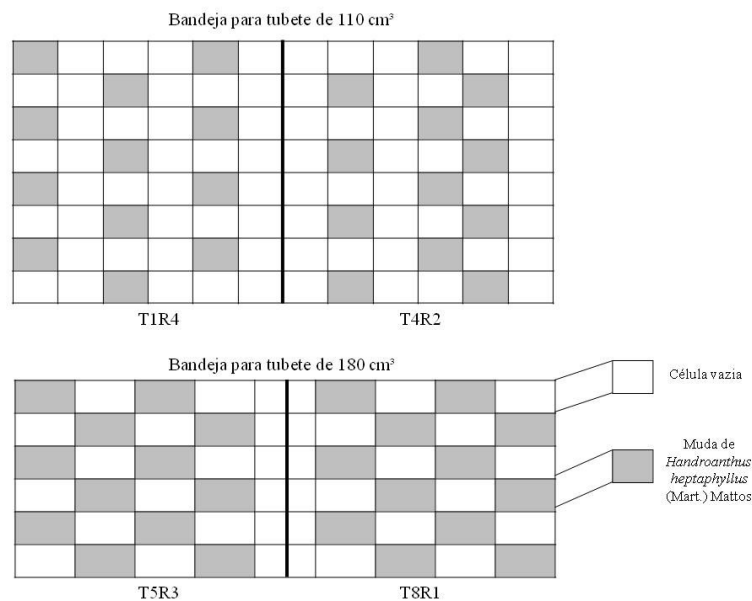


Figura 1 – Esquema de distribuição dos recipientes de 110 e 180 cm³ na sua respectiva bandeja para a produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), Santa Maria, RS. T1R4 = zero g de FLC.L⁻¹ no tubete de 110 cm³ na repetição 4; T4R2 = 7,5 g de FLC. L⁻¹ no tubete de 110 cm³ na repetição 2; T5R3 = zero g de FLC.L⁻¹ no tubete de 180 cm³ na repetição 3; T8R1 = 7,5 g de FLC. L⁻¹ no tubete de 180 cm³ na repetição 1.

Os recipientes, tanto de 110 como o de 180 cm³, foram preenchidos com substrato comercial que possui na sua formulação turfa de Sphagno, 20% de casca de arroz carbonizada, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK. O substrato apresentou pH ácido (5,54 a 5,69), densidade seca (135,98 a 190,06 kg.m⁻³), porosidade total (81,53 a 83,25%), espaço de aeração (30,57 a 32,51%), água facilmente disponível (12 a 18,70%) e água tamponante (3,41 a 4%) (Apêndice 6).

Ao substrato foi misturada uma adubação de base no momento de preparo e, este foi pré-umedecido. Após realizou-se a acomodação do substrato nos recipientes, por meio de uso da mesa de compactação por 15 segundos, e, quando necessário, foi-se completando o volume dos recipientes, de forma que o nível do substrato estivesse compatível com o dos tubetes.

A adubação de base (Fator B) consistiu em diferentes doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), com formulação NPK 15-09-12 + 2,3% S, 1% Mg + micronutrientes (0,45% Fe, 0,2% Mo, 0,05% Cu e 0,06% Mn) na dosagem de 0 (testemunha); 2,5; 5,0 e 7,5 g de FLC.L⁻¹ de substrato. Segundo as especificações técnicas do fabricante, quando colocado em substrato úmido, a uma temperatura média de 21,1°C, a liberação de todos os nutrientes ocorre em um prazo entre 8 e 9 meses.

O semeio foi realizado diretamente nos tubetes, não havendo necessidade de superação de dormência, colocando-se duas sementes por recipiente, recobrando-as com uma fina camada do mesmo substrato utilizado no preenchimento, e após, as bandejas foram levadas à casa de vegetação. Sequencialmente, a contagem da emergência iniciou aos 11 e foi finalizada aos 30 dias após o semeio (d.a.s) (fevereiro de 2012), considerando como plântulas emergidas, as que apresentassem visíveis os cotilédones e o primeiro par foliar. Posteriormente, a esse período, foi realizado um raleio, eliminando-se as plântulas excedentes, deixando apenas uma por recipiente, correspondendo a mais vigorosa e mais central. As mudas permaneceram em casa de vegetação até os 180 d.a.s (julho de 2012).

O experimento conduzido em casa de vegetação recebeu irrigação diária realizada por uma barra móvel de microaspersores com lâmina d'água de 4 mm por dia, a qual possui comando digital (timer), com funcionamento automático às 8, 11, 14 e 17 h. A lâmina de irrigação para a fase inicial foi suficiente para as mudas em função do seu menor porte, o qual não requeria maiores quantidades de água, a mesma também foi satisfatória para a fase final de crescimento das plantas, pois houve redução da temperatura, não sendo necessário maior volume de irrigação (Apêndice 5).

Além da adubação de base, foi iniciada a adubação de cobertura utilizando um fertilizante NPK em forma de sal (9-45-15) na dosagem de 5 g.L⁻¹, o qual possui na sua

formulação de base macro e micronutrientes, dentre estes boro (0,0088% B) e zinco (0,0025% Zn) que não estão presentes no FLC (Apêndice 7).

A adubação de cobertura foi dissolvida em água e, aplicada com uso de pulverizador costal, nas primeiras horas da manhã e, após era realizada uma breve irrigação para reduzir o excesso de adubação a fim de evitar a queima das mudas. O período de aplicação da adubação de cobertura, correspondeu a cada 7 dias, a partir do fim do período de contagem da emergência (30 d.a.s) até os 180 d.a.s.

As avaliações foram efetuadas aos 180 d.a.s, medindo-se, as seguintes características das oito mudas centrais de cada bandeja: altura da parte aérea (H), medida da base da muda até a gema apical do último lançamento foliar, com auxílio de uma régua milimetrada; e o diâmetro do coleto (DC) ao nível do substrato, com um paquímetro digital, obtendo-se assim a relação H/DC. Pelo método destrutivo, obtiveram-se os seguintes parâmetros: massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação MSA/MSR, o índice de qualidade de Dickson (IQD) e a área foliar (AF), utilizando-se uma muda por bandeja, correspondendo a 1 planta por tratamento, com quatro repetições cada, o que totalizou 32 plantas. Paralelamente, o sistema radicular, destas mesmas mudas, foi lavado sobre peneira (malhas nº 4, 16 e 20) para a retirada do substrato. As amostras de folhas e raízes, de cada repetição, foram pesadas em balança digital de precisão do tipo capela (0,001 g) para mensuração da massa fresca tanto aérea quanto a radicular e, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, identificadas e colocadas em estufa, a 50°C, até atingirem peso constante. Após secas foram pesadas em balança digital de precisão do tipo capela (0,001 g) para a determinação da matéria seca aérea e do sistema radícula.

Para a área foliar foram utilizadas as mesmas mudas das análises destrutivas, das quais foram retiradas todas as folhas, e, então, estas foram fixadas em papel branco (tamanho A4), sendo recoberto, após, por vidro transparente, utilizando-se uma régua milimetrada como escala. As amostras foram fotografadas com o uso de câmera digital, marca Sony, modelo DSC T-100, utilizando um zoom de 1.4, sem flash. A máquina fotográfica permanecia a uma altura de 18 cm da mesa, na qual foram dispostas as amostras com folhas para serem fotografadas. Posteriormente, as imagens foram processadas com o auxílio do programa Image J.

O IQD foi obtido por meio da fórmula descrita em Gomes e Paiva (2011), utilizando os dados obtidos nas avaliações não destrutivas e destrutivas conforme segue abaixo:

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

Sendo: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total; H/D = relação altura/diâmetro do coleto; MSA/MSR = relação massa seca aera/massa seca radicular.

O substrato utilizado no experimento passou por análises físicas e químicas, as quais foram realizadas no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conforme a instrução normativa nº 17 do Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (BRASIL, 2007) e Fermino (2003) (Apêndice 6).

No decorrer do experimento, quando necessário, realizou-se a aplicação de fungicida (N-triclorometiltio-4-ciclo-hexeno-1,2-dicarboximida) e inseticida (1-6chloro-3-pyridylmethyl-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine) nas dosagens 2,4 mL e 3 g por litro de água, respectivamente. Ambos foram dissolvidos em água e aplicados com pulverizador costal após a última irrigação do dia.

4.2.2 Delineamento e análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 2x4 (dois recipientes e 4 doses de adubação de base). A análise estatística foi efetuada com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2008), submetendo os dados à análise de variância (ANOVA) e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, efetuou-se a comparação de médias pelo teste t de Student (LSD - teste da diferença mínima significativa) e/ou regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro.

Havendo significância para as equações quadráticas determinou-se a dose de máxima eficiência técnica (DMET) conforme Stork et al. (2000) por meio da fórmula $X = -b_1/2b_2$, em que X = ponto da máxima eficiência técnica; b1 e b2 = coeficientes da equação. A DMET corresponde ao valor de X (variável independente) para o qual Y (variável dependente) é máximo.

Além disso, também se realizou a correlação de Pearson (r) a 5% de significância entre as variáveis morfológicas no suplemento Action com o uso de planilha eletrônica.

4.3 Resultados e discussões

A emergência de plântulas de *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo), iniciou-se aos 11 e foi finalizada aos 30 dias após o semeio (d.a.s). Esta obteve média geral de 95,5% (CV = 6,57%), sendo considerada elevada. Assim, a emergência observada em viveiro correspondeu à germinação avaliada em laboratório, que foi de 83% para o melhor substrato (sobre areia) no tempo zero (Capítulo I). Além disso, este resultado é corroborado por Lorenzi (2002), o qual afirma que a emergência inicia entre 10 a 12 dias. Desta forma, pode-se inferir que a adubação de base com fertilizante de liberação controlada não compromete a emergência do ipê-roxo nas doses avaliadas.

O crescimento de mudas de *H. heptaphyllus* em viveiro aos 180 d.a.s para altura, diâmetro do coleto e relação altura/diâmetro do coleto apresentou interação significativa entre tamanho de recipiente e as doses de adubação de base, com fertilizante de liberação controlada (FLC) ($p < 0,05$) (Apêndice 8). Porém, para a massa seca aérea, radicular, total, relação massa seca aérea/massa seca radicular, índice de qualidade de Dickson e área foliar, somente o fator adubação de base foi significativo (Apêndice 8).

O desenvolvimento em altura (H) foi crescente, com comportamento linear, à medida que as doses de FLC foram aumentando, tanto para o tubete de 110 como para o de 180 cm³. Para os recipientes, a dose de 7,5 g.L⁻¹ proporcionou as maiores médias (14,27 e 15,68 cm, respectivamente) (Figura 2).

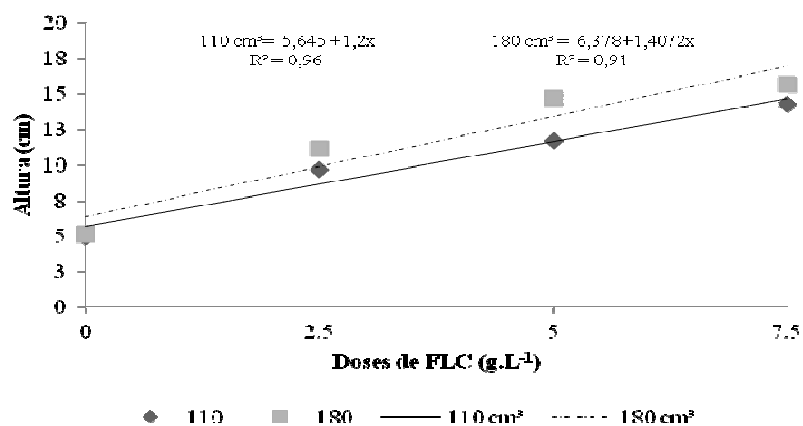


Figura 2 – Crescimento em altura (H) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, S. Maria, RS.

Na Figura 2 é possível verificar também, que o crescimento em altura de mudas de *H. heptaphyllus* para a dose de zero (testemunha) não apresentou diferença significativa entre os recipientes testados, porém para as demais adubações de base avaliadas o tubete de 180 cm³ foi superior ao de 110 cm³ (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Lisboa et al. (2012), os quais observaram que para *Calophyllum brasiliense* (guanandi) a maior altura (21,70 cm) foi mensurada no tubete de 180 cm³, o qual foi diferente estatisticamente do recipiente de 115 cm³.

Para Santos et al. (2000), o crescimento em altura de mudas de *Cryptomeria japonica* (pinheiro-japonês) também foi influenciado pelo volume do tubete, confirmando os resultados deste estudo. De forma semelhante Malavasi e Malavasi (2006), também concluíram que as mudas cultivadas em tubetes de maiores volumes apresentaram maiores dimensões morfológicas ao final da fase de viveiro, atribuindo tal fato ao maior espaço e substrato disponível, e a menor limitação do sistema radicular.

A altura, por ser uma variável de fácil mensuração, é um dos parâmetros considerado como adequado para prever a qualidade de mudas em viveiros, e que possivelmente será um dos parâmetros utilizados como indicativo de qualidade de mudas em instruções normativas futuras. Outro fato é que a altura em muitos casos está relacionada com outras variáveis morfológicas. Mexal e Landis (1990) consideram-na como um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento, posteriormente, a campo, destacando que sua avaliação não acarreta na destruição de mudas, sendo tecnicamente aceita como uma adequada medida de desempenho das mudas.

Contudo, apesar do maior crescimento ter sido proporcionado pelo recipiente de maior volume (180 cm³), pode-se observar que independente da dose de FLC que nenhum recipiente atingiu a altura ideal descrita por Gonçalves et al. (2005), que deve estar entre 20 e 35 cm. Os resultados também indicaram que em ambos os recipientes, mas que mais acentuadamente o recipiente de 180 cm³ apresenta potencial para que a muda continuasse incrementando em altura. Cabe destacar, porém, que o período em que o experimento foi concluído não era mais favorável para o crescimento da planta na região (Apêndice 5), considerando o menor fotoperíodo e baixas temperaturas.

Assim, a decisão para continuar esse incremento dependeria em optar por manter as mudas por mais tempo no viveiro, até o retorno da estação de crescimento, aumentando, então, as chances de estabelecimento da muda no campo. A época mais adequada ao plantio a campo na região é entre julho e agosto (evitando geadas excessivas) estendendo-se até no máximo a primeira quinzena de outubro, não sendo então necessária irrigação no verão.

Sugere-se ainda que a espécie possa necessitar de maiores dosagens de fertilizante de liberação controlada para que tenha seu crescimento potencializado, ainda antes da estação de repouso vegetativo. Porém, há a necessidade de avaliar os custos envolvidos.

Por outro lado, observa-se que o diâmetro do coleto (DC) de mudas de *H. heptaphyllus* se desenvolveu de maneira crescente, expressando uma tendência quadrática conforme o incremento das doses de FLC para os dois recipientes analisados (110 e 180 cm³) (Figura 3). Verifica-se que a dose de máxima eficiência técnica (DMET) para os tubetes de 110 e 180 cm³ foi de, respectivamente, 7,2 e de 6,1 g.L⁻¹, as quais correspondem a 5,85 e 6,55 mm de DC (Figura 3). Dessa forma, doses acima da DMET influenciaram negativamente esse parâmetro, denotando um comportamento decrescente a partir deste ponto.

Os resultados para o DC obtidos neste estudo para as DMET estão de acordo com Gonçalves et al. (2005), os quais descreveram que a muda produzida em tubete, deve ter um DC ideal que esteja entre 5 e 10 mm. Além disso, Ritchie et al. (2010) afirmam que o DC pode ser uma variável a qual assegura o desempenho da espécie no pós-plantio.

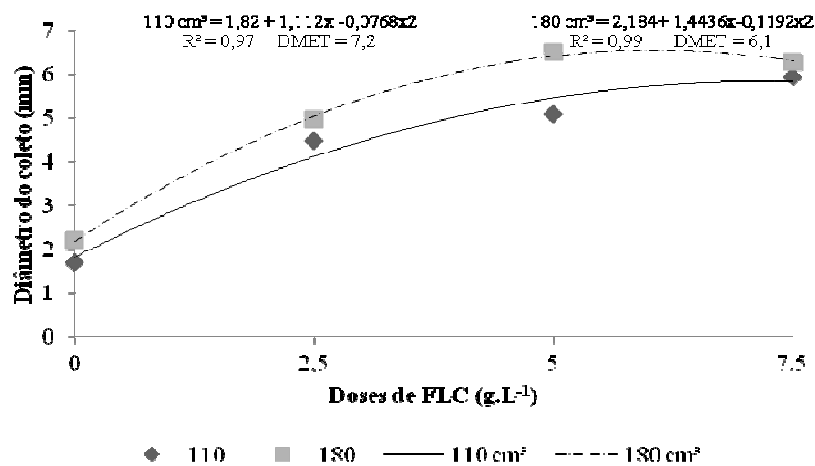


Figura 3 – Crescimento em diâmetro do coleto (DC) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS. DMET = dose de máxima eficiência técnica.

Observa-se na Figura 3, que sob pequena quantidade (até 2,5 g.L⁻¹), o FLC para ambos os recipientes não apresentou diferença. A partir dessa dose a diferença se pronuncia, efeito comprovado no uso de 5 g.L⁻¹, mas que a partir desse ponto tende a se estabilizar no tubete de 180 cm³, enquanto no 110 cm³ continua respondendo em crescimento.

Além disso, conforme Viana et al. (2008), mudas com baixo diâmetro do coleto apresentam dificuldades de se manterem eretas no pós plantio, salientando ainda que plantas com DC reduzidos e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior em comparação as que possuem maiores diâmetros. Nesse sentido, Knapik (2005) destaca que o diâmetro do coleto é tido como a característica morfológica que melhor se ajusta aos modelos de predição de sobrevivência das mudas em campo.

Confirmando os resultados deste estudo, Ventura (2012) observou para mudas de *Handroanthus achraceus* (ipê-do-cerrado) e *Columbrina glandulosa* (sobrasil) que o uso de recipiente maior, aliado a maior dose de FLC, proporciona aumento do DC.

Para a relação H/DC, nota-se, que houve aumento desta conforme as doses de fertilizante, evidenciando uma tendência quadrática para o recipiente de 110 cm³, com DMET de 4,6 g.L⁻¹, correspondendo a uma H/DC de 2,30 cm.mm⁻¹. A relação H/DC para o recipiente de 180 cm³ relacionou-se linearmente com as dosagens de FLC, com tendência de crescimento, sendo que a maior dose (7,5 g.L⁻¹) correspondeu à relação de 2,58 cm.mm⁻¹ (Figura 4). Entretanto, mesmo no recipiente de 180 cm³ os valores são baixos, não caracterizando condição inadequada das mudas, como estiolamento, podendo-se inferir a reduzida altura como o único fator mais limitante para o desenvolvimento da muda no campo, entretanto, esse fato só pode ser comprovado após o plantio.

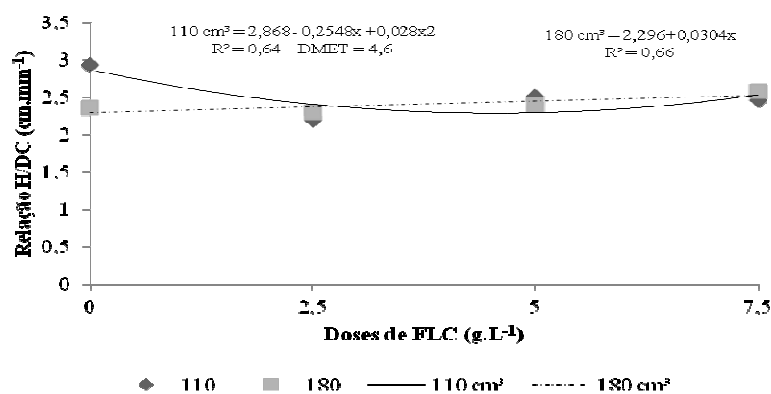


Figura 4 – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), nos diferentes tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS. DMET = dose de máxima eficiência técnica.

O recipiente de 110 cm³ resultou na maior relação H/DC para a testemunha, fato que pode ser explicado pelo reduzido DC (1,70 mm) verificado nesta dosagem. Por outro lado, no tubete de 180 cm³, ocorreu pouca variação entre as doses de FLC aplicadas. Verificou-se que os recipientes apresentaram comportamento diferenciado somente para testemunha, sendo a maior H/DC (2,94 cm.mm⁻¹) obtida no tubete de 110 cm³ (Figura 4).

Os valores obtidos para a variável H/DC neste estudo foram superiores a 2, sendo considerados adequados por Gonçalves et al. (2005), para os quais uma relação H/DC oscilava entre 2 a 3,5 cm.mm⁻¹ (mudas em maior equilíbrio) e, entre 4 a 7 cm.mm⁻¹ (plantas menos equilibradas). Essa análise, tendo em vista, que esse autor considera um valor ideal para a variável altura e diâmetro do coleto, sendo de, respectivamente, de 20 a 35 cm e de, 5 a 10 mm, indica que o uso de FLC permitiu para essa espécie alocação equilibrada dos fotoassimilados tanto para o crescimento aéreo como para o sistema radicular.

Corroborando esse resultado, para Knapik (2005) a H/DC é considerada uma relação de extrema importância, pois fornece indicações de quanto estiolada está a muda. Quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio, sendo que possivelmente, as mudas estejam dentro dos padrões adequados de H e DC, correspondente para cada espécie (GOMES; PAIVA, 2011).

Avaliando-se a massa seca aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST) é possível inferir, que para mudas de *H. heptaphyllus* produzidas em viveiro, demonstram um comportamento crescente em relação à dose de FLC. Sendo que, o comportamento para MSA apresentou padrão linear e, quadrático para MSR e MST (Figura 5). A MSA foi de 2,05 g, e para MSR e MST a DMET foi de 5,5 e 7,0 g.L⁻¹, respectivamente, com de 2,03 e 3,84 g para esses parâmetros.

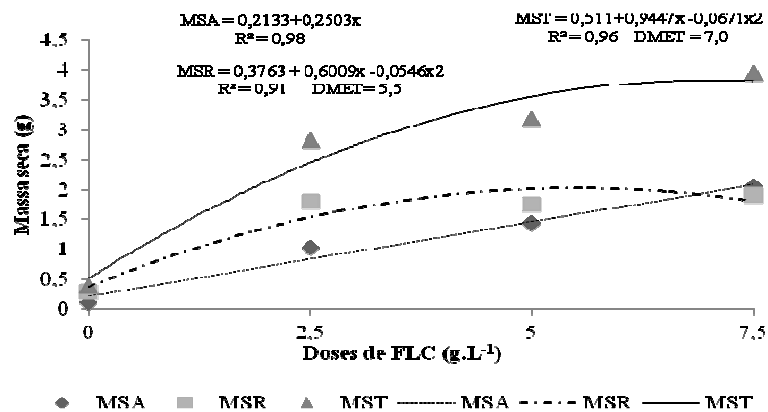


Figura 5 – Massa seca de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS. MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; MST = massa seca total; DMET = dose de máxima eficiência técnica.

Verificou-se que a relação massa seca aérea/massa seca radicular (MSA/MSR) de mudas de *H. heptaphyllus* produzidas em viveiro, resultou num maior valor, também, obtido com a maior dosagem de FLC (7,5 g.L⁻¹), apresentando na máxima dose valor de 1,46 (Figura 6). Gomes e Paiva (2011) descreveram que 2,0 é um valor que representa a qualidade adequada de muda para MSA/MSR. Assim, verifica-se que os valores encontrados para o ipê-roxo estão inferiores a esse padrão estabelecido, independente da dose utilizada de FLC.

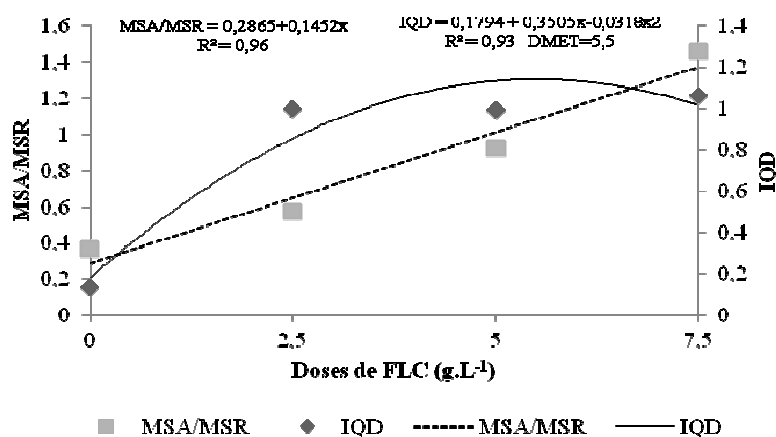


Figura 6 – Relação massa seca aérea/massa seca radicular (MSA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS. MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; DMET = dose de máxima eficiência técnica.

O IQD para o ipê-roxo relacionou-se positivamente de forma quadrática com as doses de FLC (Figura 6), com DMET de 5,5 g.L⁻¹ (IQD = 1,15), sendo que, a partir desse ponto de inflexão, o IQD, é influenciado de forma negativa.

O IQD é importante e considerado como medida morfológica promissora, podendo ser um adequado indicador da qualidade das mudas, pois considera para o seu cálculo a relação H/DC e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (GOMES; PAIVA, 2011). Neste trabalho, ainda é citado que para mudas de *Pseudotsuga menziessi* (abeto) e *Picea abies* (abeto-falso) o valor de IQD igual a 0,20 é um bom indicador para a qualidade de mudas dessas espécies. Esse padrão, revela que as mudas de ipê-roxo foram superiores a esse valor, com exceção da testemunha (IQD = 0,13).

A área foliar (AF) apresentou o comportamento linear crescente, essa mesma tendência também foi evidenciada para outros parâmetros como H, MSA e MSA/MSR. O maior valor obtido de AF foi de 246,97 cm² proporcionado pela dose de 7,5 g.L⁻¹ de FLC (Figura 7). A maior área foliar presente na maior dosagem de fertilizante pode representar uma eficiente alocação de carbono na parte aérea.

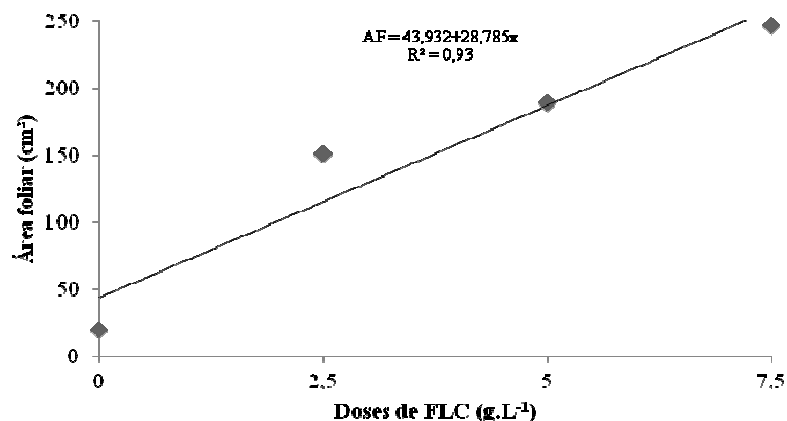


Figura 7 – Área foliar (AF) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS.

Valores superiores a este foram encontrados por José; Davide e Oliveira (2005) para mudas de *Schinus terebintifollius* (pimenteira) em tubete de 150 cm³, o qual representou uma AF de 479 cm². Entretanto, tendo em vista a falta de estudo dessa variável para *H. heptaphyllus*, essa diferença é esperada, considerando que é outra espécie.

Somado a análise dos parâmetros morfológicos, por meio da matriz de correlação de Pearson (r) é possível inferir e corroborar os resultados descritos, pois esta análise permite verificar a existência de uma associação entre variáveis. O sinal de “ r ” expressa o sentido da correlação, sua intensidade é representado por um valor numérico que oscila entre -1 e 1, (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010). O mesmo destaca que em situações extremas, das 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.

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). Assim, buscou-se destacar as correlações com $r \geq 0,75$, a qual corresponde a uma correlação forte, muito forte a perfeita, as quais podem ser observadas em negrito na Tabela 10.

Percebe-se que variável DC correlaciona-se fortemente com a H ($r = 0,93$), o que é confirmado por Daniel et al. (1997), os quais descrevem que a H e o DC das mudas são as principais características a serem levadas em consideração para a definição das doses de fertilizantes, pois apresentam forte correlação entre si e com a capacidade de sobrevivência das mudas no campo.

A MSA e a AF estão fortemente correlacionadas com a H e com o DC, o que confirma que práticas de manejo em viveiro podem garantir o aumento de biomassa. Corroborando essas associações, a AF correlaciona-se com a MSA (0,97).

A MST foi o parâmetro que mais se correlacionou com as outras variáveis, possuindo magnitude de correlação com H (0,83), MSA (0,90), MSR (0,91) e AF (0,89). O IQD está fortemente correlacionado com a MSR (0,99) e MST (0,93), o que pode ser ratificado pelo fato de que esses parâmetros fazem parte do seu cálculo (Tabela 10).

O “ r ” além de expressar a magnitude da correlação, está associado ao coeficiente de determinação (R^2), o qual indica a proporção (%) da variável dependente (y) que é explicada pela variável independente (x) e vice-versa (LOUREIRO; GAMEIRO, 2011), que nesse estudo são representadas pelos parâmetros morfológicos (H, DC, H/DC, MSA, MSR, MST, MSA/MSR, AF e IQD) e pelos insumos (tamanho de recipiente e doses de FLC), respectivamente.

Tabela 10 – Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos produzidas em diferentes volumes de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS.

Variável	H	DC	H/DC	MSA	MSR	AF	MSA/MSR	MST	IQD
H	1								
DC	0,93*	1							
H/DC	-0,06ns	-0,34ns	1						
MSA	0,87*	0,79*	-0,05ns	1					
MSR	0,64*	0,55*	-0,16ns	*	1				
AF	0,83*	0,78*	-0,10ns	0,97*	0,67*	1			
MSA/MSR	0,52*	0,55*	-0,10ns	0,59*	-0,05ns	0,56*	1		
MST	0,83*	0,74*	-0,11ns	0,90*	0,91*	0,89*	0,29ns	1	
IQD	0,67*	0,63*	-0,29ns	0,69*	0,99*	0,71*	0,03ns	0,93*	1

*significativo a 5%; ns= não significativo; H = altura; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura/diâmetro do coleto; MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; AF = área foliar; MSA/MSR = relação massa seca aérea/massa seca radicular; MST = massa seca total; IQD = índice de qualidade de Dickson

Entretanto, destaca-se a importância da correlação dos parâmetros H e DC na análise de mudas de ipê-roxo, as quais são facilmente mensuradas, podendo expressar a qualidade da muda, também cabe destaque a correlação do DC com a MSA e com a AF, estas duas últimas mais difíceis de serem obtidas pelo fato de serem análises destrutivas. A MST está associada a vários parâmetros e, conseqüentemente, representa tanto parte aérea como radicular.

Por outro lado, DC e MSR do ipê-roxo não são variáveis altamente correlacionadas na fase de viveiro, apesar dessa situação ocorrer para algumas espécies.

Nesse sentido, o padrão de qualidade das mudas de várias espécies florestais prontas ao plantio possui alta correlação com o DC, sendo fortemente correlacionado com as demais características, podendo explicar de 70 a 80% das diferenças de massa seca (GOMES; PAIVA, 2011).

Contudo, os resultados expressam a correlação de vários parâmetros, os quais são avaliados aos pares, apesar disso, em muitos casos esses não respondem da mesma forma à identificação de um melhor tratamento, o que foi observado nesse, assim como em vários outros estudos em viveiros, diversas respostas, as quais confundem a decisão da melhor técnica ou insumo a ser utilizado.

Assim, seleciona-se como melhor indicativo para decisão as variáveis H, DC e MST, tendo em vista a natureza distinta de DC com H e outros parâmetros que apresentam forte correlação. A H e MST por sua correlação com elevado número de parâmetros, considera-se então que independente do volume do recipiente as mudas de ipê-roxo podem ser produzidas,

porém com dose mínima de 7,2 g.L⁻¹ para o tubete de 110 cm³ e 6,1 g.L⁻¹ para o 180 cm³. Contudo, na região e período do estudo, uma dose superior a 7,5 g.L⁻¹ poderá representar desperdícios de recursos se conduzidas ao campo na época adequada (final do inverno-início da primavera), além de elevar o custo de produção (Quadro 2).

Uma alternativa para a espécie seria incentivar um maior investimento com sementes, dada a perda de viabilidade (cerca de 30%) com o armazenamento (Capítulo I), semeando próximo a outubro, o que aumentaria a estação de crescimento e, possivelmente, a muda responderia melhor, inclusive a doses superiores a 7,5 g.L⁻¹, cabendo em estudos futuros analisar também os custos de produção, tendo em vista o alto valor do FLC para viveiros.

Parâmetro	Fatores				
	Tubete (T)	Doses de FLC (D)	Interação TxD		
H			Tubete = 180 cm ³ Dose = 7,5 g.L ⁻¹ H = 15,68 cm Equação linear		
DC	*	*	<table border="1"> <tr> <td>Tubete = 110 cm³ DMET = 7,2 g.L⁻¹ DC = 5,85 mm Equação quadrática</td> <td>Tubete = 180 cm³ DMET = 6,1 g.L⁻¹ DC = 6,55 mm Equação quadrática</td> </tr> </table>	Tubete = 110 cm ³ DMET = 7,2 g.L ⁻¹ DC = 5,85 mm Equação quadrática	Tubete = 180 cm ³ DMET = 6,1 g.L ⁻¹ DC = 6,55 mm Equação quadrática
Tubete = 110 cm ³ DMET = 7,2 g.L ⁻¹ DC = 5,85 mm Equação quadrática	Tubete = 180 cm ³ DMET = 6,1 g.L ⁻¹ DC = 6,55 mm Equação quadrática				
H/DC			<table border="1"> <tr> <td>Tubete = 110 cm³ DMET = 4,6 g.L⁻¹ H/DC = 2,30 cm.mm⁻¹ Equação quadrática</td> <td>Tubete = 180 cm³ Dose = 7,5 g.L⁻¹ H/DC = 2,55 cm.mm⁻¹ Equação linear</td> </tr> </table>	Tubete = 110 cm ³ DMET = 4,6 g.L ⁻¹ H/DC = 2,30 cm.mm ⁻¹ Equação quadrática	Tubete = 180 cm ³ Dose = 7,5 g.L ⁻¹ H/DC = 2,55 cm.mm ⁻¹ Equação linear
Tubete = 110 cm ³ DMET = 4,6 g.L ⁻¹ H/DC = 2,30 cm.mm ⁻¹ Equação quadrática	Tubete = 180 cm ³ Dose = 7,5 g.L ⁻¹ H/DC = 2,55 cm.mm ⁻¹ Equação linear				
MAS	110 ou 180 cm ³	Dose = 7,5 g.L ⁻¹ MSA = 2,03 g Equação linear	**		
MSR		DMET = 5,5 g.L ⁻¹ MSR = 2,05 g Equação quadrática			
MST		DMET = 7,0 g.L ⁻¹ MST = 3,84 g Equação quadrática			
MSA/MSR		Dose = 7,5 g.L ⁻¹ MSA/MSR = 1,46 g Equação linear			
IQD		DMET = 5,5 g.L ⁻¹ IQD = 1,15 Equação quadrática			
AF		Dose = 7,5 g.L ⁻¹ AF = 246,97 cm ² Equação linear			

Quadro 2 – Resumo dos parâmetros morfológicos das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos produzidas em diferentes volumes de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS. * significativa a 5% de probabilidade de erro a interação dupla; ** significativa a 5% de probabilidade de erro a interação simples para doses de FLC; H = altura; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura/diâmetro do coleto; MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; AF = área foliar; MSA/MSR = relação massa seca aérea/massa seca radicular; MST = massa seca total; IQD = índice de qualidade de Dickson.

4.4 Conclusão

A espécie *Handroanthus heptaphyllus* é exigente nutricionalmente respondendo positivamente a elevada dose de fertilizante de liberação controlada (FLC).

Na condição desse estudo, recomenda-se dose mínima de $7,2 \text{ g.L}^{-1}$ para o tubete de 110 cm^3 e $6,1 \text{ g.L}^{-1}$ para o tubete de 180 cm^3 .

A espécie tem potencial para responder positivamente sob doses de FLC superiores a $7,5 \text{ g.L}^{-1}$.

5 CAPÍTULO III – SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos NO CAMPO SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE SOMBREAMENTO

5 CHAPTER III - SURVIVAL AND GROWTH INITIAL OF SEEDLINGS *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos IN FIELD UNDER DIFFERENT SHADE

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial no campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* submetidas a diferentes níveis de sombreamento. As mudas selecionadas, aleatoriamente para o plantio a campo apresentavam altura de 14,75 cm, diâmetro do coleto de 6,72 mm, relação altura/diâmetro do coleto de 2,34 cm.mm⁻¹ e IQD de 1,04, as quais foram submetidas sob intensidades luminosas de 0 (pleno sol – testemunha), 18, 50 e 70%, sendo avaliadas durante um período de 360 dias. Avaliaram-se a taxa de sobrevivência inicial aos 30 dias após o plantio (d.a.p) e ao final do experimento (360 d.a.p) e, mensurados os parâmetros morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC. Além dessas avaliações, foram determinados parâmetros fisiológicos por meio do teor de clorofila total, relação clorofila *a*/clorofila *b*, teor de carotenoides, fluorescência inicial da clorofila *a* (F0) e eficiência fotoquímica máxima (Fv/Fm). No campo, sugere-se o plantio de *H. heptaphyllus* em pleno sol, pois este nível de intensidade luminosa proporcionou melhores valores de sobrevivência aos 30 e 360 d.a.p (100 e 95%, respectivamente), H de 63,56 cm, DC de 23,78 mm, relação H/DC de 4,23 cm.mm⁻¹, clorofila total com 1,98 mg.g de massa fresca⁻¹ - MF, carotenóides de 0,51 mg.gMF⁻¹, relação clorofila *a/b* de 3,08, além da F0 de 252,50. Mudas de *Handroanthus heptaphyllus* apresentam sobrevivência elevada e adequado crescimento a pleno sol, não sendo recomendado o sombreamento de 50 e 70% para a espécie, o que é verificado por meio dos parâmetros morfológicos, estes sendo indicadores adequados. Os parâmetros fisiológicos, também são indicadores apropriados à qualidade de mudas a campo, corroborando os resultados dos parâmetros morfológicos, havendo aumento dos níveis de pigmentos fotossintéticos (clorofila total e carotenoides) e menor fluorescência da clorofila *a* ao longo do experimento. Assim, essa espécie é recomendada para projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, inclusive por tolerar o plantio a pleno sol.

Palavras-chave: Ipê-roxo. Intensidade de sombreamento. Parâmetros morfológicos e fisiológicos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the survival and early growth of seedlings in the field of *Handroanthus heptaphyllus* subjected to different levels of shading. The randomly selected for planting seedlings in the field had 14.75 cm height, stem diameter of 6.72 mm, height/stem diameter of 2.34 IQD cm.mm⁻¹ and 1.04, the which were submitted under light intensities of 0 (full sun - control), 18, 50 and 70%, and evaluated over a period of 360 days. We evaluated the survival initial in 30 day rate after planting (dap) and the end of the experiment(360 dap), and the morphological parameters measured height (H), stem diameter (DC) and H/DC. In addition to these reviews, physiological parameters were determined by the total chlorophyll content, chlorophyll *a*/chlorophyll *b*, carotenoid content, initial chlorophyll fluorescence (F0) and maximum photochemical efficiency (Fv/Fm). In the field, we suggest planting *H. heptaphyllus* in full sun, as this level of light intensity provided the best survival values at 30 and 360 dap (100 and 95%, respectively), H 63.56cm, DC 23.78 mm, H/DC ratio of 4.23 cm.mm⁻¹, total chlorophyll with 1.98 mg gfresh mass⁻¹ - MF, carotenoids 0.51 mg.gMF⁻¹, chlorophyll *a/b* of 3.08, plus the F0 252.50. Seedlings *Handroanthus heptaphyllus* have high survival and proper growth in full sun and is not recommended shading 50 and 70 % for the species, which is verified by the morphological parameters, these being suitable indicators. Physiological characteristics are also suitable to the quality of seedlings to field indicators confirming the results of the morphological parameters, with increased levels of photosynthetic pigments (total chlorophyll and carotenoids) and lower chlorophyll *a* fluorescence throughout the experiment. Thus, this species is recommended for reforestation projects and recovery of degraded areas, including by planting tolerate full sun.

Keywords: Ipê-roxo. Intensity of shading. Morphological and physiological parameters.

5.1 Introdução

A espécie *Handroanthus heptaphyllus*, popularmente conhecida como ipê-roxo pertence à família Bignoniaceae, ocorrendo em diferentes regiões do Brasil desde o Sul da Bahia até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002). Esse mesmo autor descreve que a espécie possui dispersão ampla, porém bastante esparsa, podendo esporadicamente ocorrer também em formações abertas.

Além disso, conforme Carvalho (2003) o ipê-roxo é comum na vegetação secundária, isto é, em capoeira e capoeirões. Nessas formações a espécie pode se comportar como pioneira, auxiliando na evolução dos ecossistemas (BACKES; IRGANG, 2002). Para Reitz et al. (1983) o ipê-roxo pode ser testado em campo aberto ou em associações com outras espécies.

Lorenzi (2002) acrescenta que essa planta é decídua, secundária tardia, semi-heliófila a heliófila. O ipê-roxo, conforme esse mesmo autor pode atingir de 5 a 20 m de altura e, de 40 a 80 cm de diâmetro, ocorrendo em diversos solos, em relevos planos a pouco ondulados, descrevendo também que a espécie apresenta melhor desempenho em sítios de alta qualidade física e química (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

Ressalta-se a importância comercial e ecológica dessa espécie em função da sua madeira de qualidade (dura e pesada com densidade de 0,90 a 1,07 g.cm⁻³ com adequada trabalhabilidade) (CARVALHO, 2003), a qual pode ser utilizada para diversos fins desde madeira serrada e roliça, papel e celulose, no paisagismo, e em função de sua exuberante floração, sendo também indicada para reflorestamentos e recuperação ambiental, além de fins medicinais (BACKES; IRGANG, 2002). Além disso, *H. heptaphyllus* está dentre as espécies nativas da flora brasileira, considerada uma planta, de valor econômico atual ou potencial para uso futuro, podendo ser cortada aos 25 anos em solos profundos e com adubação adequada (GRINGS; BRACK, 2011).

O uso dessa espécie pode ocorrer de florestas nativas, de onde se podem retirar menores volumes por hectare, ou por meio de plantio. Assim, é necessária a obtenção de mudas de qualidade. Nesse sentido, o conhecimento da ecofisiologia desde a germinação e o crescimento inicial de plantas é fundamental para que se alcance o sucesso da atividade de produção florestal (MOTA; SCALON; HENZ, 2012). Desta forma, os mesmo autores ressaltam que fatores como a intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO₂ e a

umidade do solo afetam a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas.

Em relação à intensidade luminosa alguns estudos foram realizados como para *Hymenaea parvifolia* (jutaí-mirim), no qual foram avaliados quatro níveis de luz (pleno sol – testemunha; sombreamento natural – dossel fechado de floresta; 50 e 70% de sombreamento), sendo que o tratamento de 70% o que proporcionou a maior área foliar. Entretanto, para os parâmetros massa seca total, altura e diâmetro do coleto não houve diferença entre o pleno sol, 50 e 70%, inferindo que a espécie foi capaz de ajustar de maneira eficaz seu comportamento fisiológico para maximizar o uso da luminosidade (SILVA et al., 2007). Resultados semelhantes foram encontrados por Mota; Scalon; Heinz (2012) que recomendam 50% de sombreamento para plantas de *Dypteryx alata* (baru), e pleno sol para *Handroanthus aurea* (ipê ou paratudo).

Além disso, Oliveira e Perez (2012) destacam que a sobrevivência, a habilidade competitiva e o rendimento produtivo estão relacionados ao tamanho e ao crescimento das plantas. Enquanto Silva et al. (2007) ressaltam que a eficiência no desenvolvimento de mudas pode estar relacionada à habilidade de adaptação às condições luminosas do ambiente.

Lisboa et al. (2012) descrevem que o êxito de um plantio florestal depende da qualidade das mudas produzidas em viveiro, no qual há diversos fatores envolvidos como tamanho de recipiente, adubação, manejo hídrico, entre outros. Este ainda destaca que é necessário que plantas sejam capazes de resistirem às condições adversas encontradas no campo, como a competição por água, luz e nutrientes e, a presença de pragas (formigas-cortadeiras e cupins).

O acompanhamento das mudas a campo pode ser avaliado por meio da mensuração da sobrevivência, além dos parâmetros morfológicos, observados no seu crescimento a campo de mudas, os mais utilizados são altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC. Neste tipo de estudo, avaliações fisiológicas apresentam um importante parâmetro na caracterização das espécies, sendo amplamente utilizada a quantificação de pigmentos fotossintéticos. Adicionalmente, a fluorescência da clorofila *a* apresenta a possibilidade de análises não destrutivas em experimentos mais longos, nos quais se pode inferir sobre diferentes parâmetros ambientais.

Os parâmetros morfológicos destacam-se pela facilidade na sua mensuração e obtenção de dados mais rapidamente, quando comparados aos fisiológicos que necessitam de equipamentos e técnicas laboratoriais mais sofisticadas. Desta maneira, Oliveira e Perez (2012) salientam que avaliar o crescimento de plantas ao longo do tempo revela-se como

importante instrumento para agregar esses parâmetros inferindo sobre possíveis respostas dessas em relação às mudanças ambientais.

Entretanto, é preciso aliar o conhecimento dos parâmetros morfológicos com os fisiológicos, para que se possa inferir mais precisamente sobre a qualidade de mudas. Nesse sentido autores como Mota; Scalon; Heinz (2012), Dutra; Massad; Santana (2012); Franco e Dillenburg (2007) realizaram estudos que integram esses dois parâmetros, obtendo respostas significativas.

Desta forma, a avaliação do efeito da intensidade luminosa sobre o crescimento de plantas de ipê-roxo possui relevância, além da possibilidade de caracterização da plasticidade fenotípica (OLIVEIRA; PEREZ, 2012). O presente exposto admite a hipótese de que mudas de ipê-roxo apresentam plasticidade fenotípica, a qual pode ser evidenciada por diferentes parâmetros morfológicos e fisiológicos.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial no campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Desenvolvimento de mudas a campo sob diferentes intensidades de sombreamento

5.2.1.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido de agosto de 2012 a agosto de 2013, em área anexa ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29°43'12,65"S e 53°43'08,74"O - Apêndice 12) do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

A região de Santa Maria, RS, conforme a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo 'Cfa' (subtropical úmido), caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C, e do mês mais quente superior a 22°C, com precipitação média anual de 1.769 mm (MORENO, 1961), ocorrendo quatro estações bem definidas, cujos meses mais frios ocorrem entre maio e agosto, e os mais quentes entre novembro e fevereiro (Figura 8).

A principal classe de solo da região pertence à Unidade de Mapeamento Santa Maria, denominado de Argissolo que possui variações dependendo da cota do relevo, o qual varia de suavemente ondulado a ondulado (STRECK et al., 2008).

5.2.1.2 Etapas inerentes ao plantio

As mudas de *Handroanthus heptaphyllus* foram produzidas no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal, DCFL, UFSM, em tubetes com capacidade de 110 e 180 cm³. Estas foram selecionadas, aleatoriamente, para o plantio a campo apresentando as seguintes características: 14,75±3,13 cm de altura; 6,72±2,09 mm de diâmetro do coleto; 2,34±0,63 cm.mm⁻¹ de relação altura/diâmetro do coleto e índice de qualidade de Dickson de 1,04. A escolha baseou-se em critérios como plantas com folhas de coloração adequada à espécie, saudáveis, livres de doenças e pragas.

Em uma das etapas referentes ao planejamento do plantio, foi necessária a caracterização da terra de subsolo na qual seriam implantadas as mudas, para avaliar a necessidade e quantidade de calcário a ser aplicado na área do experimento. Essa caracterização foi realizada por meio de análise realizada no Laboratório de Análise de Solos (UFSM).

De forma geral, a análise do subsolo indicou um pH de muito baixo a médio (4,9 a 6,0), correspondendo a um solo ácido, teor de matéria orgânica (MO) baixo (1,3 a 2,0%), nível de fósforo considerado de muito baixo a baixo (3,4 a 4,2 mg.dm⁻³), de potássio alto (60 a 82 mg.dm⁻³), de magnésio alto (1,3 a 2,4 cmol_c.dm⁻³), de cálcio de médio a alto (3,5 a 6,9 cmol_c.dm⁻³), índice SMP variando de 5,4 a 6,4 e, CTC_{pH7} média (12,4 a 13,2 cmol_c.dm⁻³) (SBCS/CQFS, 2004) (Apêndice 9). A aplicação e incorporação de calcário ao solo foram realizadas um mês antes do plantio.

5.2.1.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em agosto de 2012 (medição do tempo zero), sendo que aos 30 dias após o plantio (d.a.p) mensurou-se a sobrevivência inicial e aos 60 d.a.p foi

realizada a primeira avaliação de altura, diâmetro e relação altura/diâmetro sob diferentes intensidades de sombreamento, sendo que a medição bimensal desses parâmetros se estendeu até agosto de 2013, totalizando 6 avaliações. Neste período de tempo foram obtidos os dados de temperatura (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica (Figura 8), por meio da Estação Climatológica Principal de Santa Maria, instalada no campus da Universidade Federal de Santa Maria (Apêndice 13).

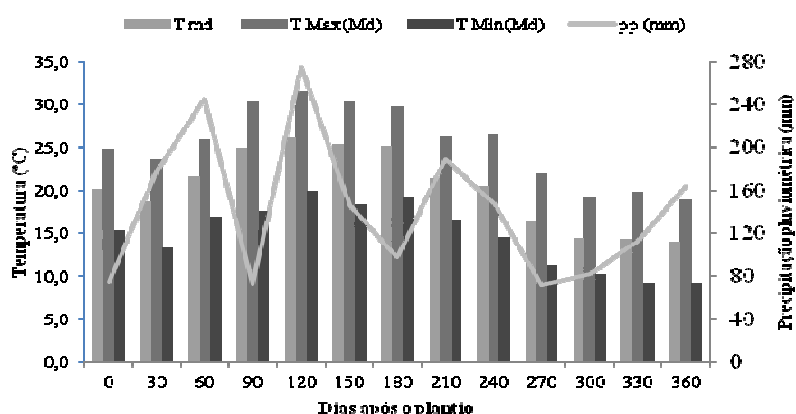


Figura 8 – Dados climáticos mensurados durante o plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos. T = temperatura (md = média; Max = máxima; Min = mínima); pp = precipitação pluviométrica. Fonte: Estação Climatológica Principal de Santa Maria, instalada no campus da Universidade Federal de Santa Maria.

As mudas foram conduzidas a campo, visando testar a aplicação de diferentes intensidades de sombreamento (Tratamentos), sendo: T1 - 0% (zero % de sombra ou pleno sol - testemunha); T2 - 18%; T3 - 50% e T4 - 70% (Figura 9 e Apêndice 14D). O T2, T3 e T4 foram obtidos com o uso de tela de sombreamento.

Para o plantio a campo foram abertas covas no sentido leste/oeste, com o auxílio de um trator e broca perfuratriz, nas dimensões de 30 cm de diâmetro x 35 cm de profundidade (0,02 m³), distantes 1 m entre as mudas (Apêndice 11). Após a abertura das covas, as mesmas foram preenchidas com a mesma terra de subsolo descrita no Apêndice 9, a este foi acrescido 500 mL de um substrato comercial a base de resíduo de cevada por cova (Apêndice 10), visando proporcionar a melhoria da qualidade física e química do meio onde as mudas seriam plantadas (Apêndice 11D). O substrato apresentou pH ácido (4,66), densidade seca (560,12

kg.m⁻³), porosidade total (81,05%), espaço de aeração (5,83%), água facilmente disponível (23,39%) e água tamponante (18,72%).

As mudas foram irrigadas a cada dois dias na primeira semana e, posteriormente, em dias consecutivos com temperatura superior a 30°C e com ausência de precipitação pluviométrica, por meio de um sistema de irrigação com mangueiras microperfurada, distribuídas entre as mudas, dentro de cada bloco (Apêndice 14B). Esta ocorreu do tempo zero até os 30 d.a.p, após esse período não houve mais necessidade de irrigação, pois as mudas prontamente estavam estabelecidas na área.

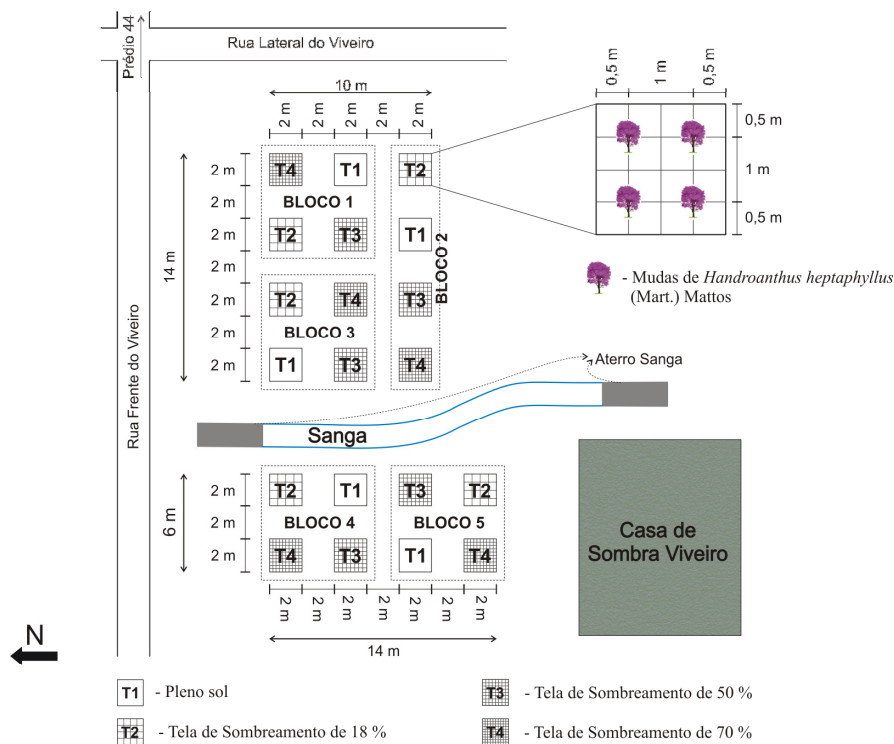


Figura 9 – Demonstração esquemática do delineamento empregado no desenvolvimento a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em área anexa ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal, Departamento de Ciências Florestais, UFSM, Santa Maria, RS. Desenho: Eng^o Renan Piveta.

As fertilizações de cobertura foram realizadas aos 30 e 180 dias após o plantio, utilizando-se fertilizante composto por NPK (5-20-20) à base de uréia, óxido de fósforo (P₂O₅) e cloreto de potássio (KCl), na dosagem de 100 g de fertilizante, distribuindo-se 50 g em covetas em dois lados opostos da muda, a uma distância desta de, aproximadamente, 10 cm (Apêndice 14A).

No entorno das mudas foi colocado mulching (cobertura vegetal morta e seca), sempre que necessário, com, aproximadamente, 35 cm de diâmetro e 5 cm de altura (Apêndice 14C).

No decorrer do experimento foi necessária à aplicação de inseticida (1-6chloro-3-pyridylmethyl-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine) na dosagem de 3 g por litro de água, aplicado com pulverizador costal nas últimas horas do dia. O controle de formigas cortadeiras (Gêneros *Atta* e *Acromyrmex*) foi realizado na área de experimento, por meio da aplicação de formicida granulado, a base de Sulfluramida ou Fipronil, quando necessário.

Também, efetuou-se o coroamento manual das mudas nos primeiros meses e o controle da matocompetição, via aplicação de herbicida (N-fosfometil-glicina) no entorno das plantas, com o auxílio de um pulverizador costal, acoplado no bico pulverizador um “chapéu-de-napoleão”, a fim de manter o jato direcionado a uma área restrita, evitando a deriva do produto.

5.2.1.4 Parâmetros morfológicos

Aos 30 e aos 360 dias pós o plantio (d.a.p), as mudas foram avaliadas quanto a sobrevivência, mantendo os tratamentos culturais mensalmente. Bimensalmente, a partir dos 60 d.a.p, durante um ano (60, 120, 180, 240, 300, 360 d.a.p), foram medidos os parâmetros da altura da parte aérea (H), a qual foi determinada da base da muda até a gema apical do último lançamento foliar, com régua milimetrada, diâmetro do coleto (DC), na base da muda, com paquímetro digital e, a partir dessas variáveis foi possível à obtenção da relação H/DC.

5.2.1.5 Parâmetros fisiológicos

As análises fisiológicas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Departamento de Biologia, UFSM, no qual quantificou-se os pigmentos fotossintéticos (clorofila total, a qual corresponde à soma da clorofila *a* e *b*; relação clorofila *a*/clorofila *b*; e carotenóides). Além disso, foi realizada a avaliação da fluorescência da clorofila *a* das mudas a campo (Apêndice 15).

Para as análises de quantificação dos pigmentos da fotossíntese, as quais foram realizadas aos 180 e aos 360 dias após a instalação do teste a campo, coletou-se a quarta folha expandida de três plantas por tratamento, totalizando 12 plantas. As folhas foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e, posteriormente, armazenadas em freezer à -20°C, até o momento da quantificação.

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos (clorofila total, relação clorofila *a*/clorofila *b*, bem como o teor de carotenóides), foi realizada por meio das concentrações de cada um desses. Os quais foram determinados seguindo a metodologia descrita por Hiscox e Israelsstam (1979), por meio de amostras frescas de folhas (0,1 g), estas não foram maceradas, incubadas com dimetilsulfóxido (DMSO). Os mesmos foram estimados utilizando a fórmula de Arnon (1949). Para a obtenção da clorofila total foi necessário analisar, primeiramente, as clorofilas *a* e *b* em separado. As amostras foram aquecidas a 65°C por duas horas até a remoção completa dos pigmentos e, posteriormente, as absorbâncias do sobrenadante foram lidas nos comprimentos de onda de 663 (clorofila *a*), 645 (clorofila *b*) e 470 nm (carotenóides), sendo determinadas em espectrofotômetro modelo SF325NM (Bel Engineering, Itália).

A avaliação da fluorescência da clorofila *a* foi mensurada por meio do fluorômetro de pulso modulado JUNIOR-PAM (Walz, Alemanha), sendo determinados os parâmetros de fluorescência inicial - (F_o) e razão fluorescência variável/fluorescência máxima (eficiência fotoquímica máxima ou rendimento quântico máximo do fotossistema II - PSII) - (F_v/F_m), os quais foram medidos no período entre 12:00h e 13:00h, aos 180 e aos 360 dias após a instalação do teste a campo.

Para as medidas de fluorescência da clorofila *a* utilizou-se a quarta folha expandida de três plantas por tratamento. Antes das medições as folhas a serem mensuradas foram pré-adaptadas no escuro com o uso de papel alumínio pelo período de 30 minutos para a determinação da fluorescência inicial (F_o) (Apêndice 15A) e, posteriormente, submetidas a um pulso de luz saturante (10.000 μmol m⁻² s⁻¹) por 0,6 s, determinando-se assim a fluorescência máxima (F_m). A eficiência fotoquímica máxima do PSII (F_v/F_m) foi calculada através da razão da fluorescência variável (F_m/F_o) e a fluorescência máxima e, a razão F_v/F_o através da razão da fluorescência variável (F_m/F_o) e a fluorescência inicial.

Buscou-se avaliar para F_o e F_v/F_m na quarta folha expandida, para que esta representasse o terço médio das plantas. Desta forma, caracteriza-se por não se tratar de uma folha nem tão jovem e, nem tão velha.

5.2.2 Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, adotando-se quatro tratamentos (intensidades de sombreamento) e cinco blocos, os quais possuíram áreas de 36 m² (bloco 1) e de 28 m² (bloco 2, 3, 4 e 5), com quatro plantas cada, totalizando 80 plantas.

A análise estatística foi efetuada com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2008), submetendo os dados à análise de pressuposições e, posteriormente, análise de variância (ANOVA) e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, efetuou-se a comparação de médias pelo teste t de Student (LSD - teste da diferença mínima significativa), pelo teste Scott-Knott e/ou 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; b₁ e b₂ = coeficientes da equação. O PC corresponde ao valor de X (variável independente) para o qual Y (variável dependente) é máximo.

Aos 30 e 360 dias após o plantio foi realizada a avaliação da sobrevivência de mudas de cada tratamento, obtendo-se a taxa de mortalidade.

5.3 Resultados e discussões

5.3.1 Sobrevivência

A sobrevivência inicial das mudas de *H. heptaphyllus* aos 30 dias após o plantio (d.a.p) não indicou diferenças entre as intensidades de sombreamento utilizadas ($p < 0,05$) (Apêndice 16), apresentando média geral de sobrevivência de 98,75% (CV = 11,32%), o qual representa uma planta (Tabela 11).

Por outro lado, aos 360 d.a.p para a variável sobrevivência foi observado que os tratamentos diferiram entre si, sendo que a maior taxa de sobrevivência foi obtida no pleno sol (95%), a qual não diferiu dos 18% de sombreamento. As intensidades de 50 e 70% apresentaram as menores taxas de sobrevivência de mudas, em relação ao tempo zero (início do plantio), com percentagens de 35 e 25% de mortalidade das mudas, respectivamente. A

mortalidade nesses sombreamentos pode estar associada ao fato que a espécie é exigente em luz.

Tabela 11 – Sobrevivência de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 30 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

Sombreamento (%)	Sobrevivência (%)	
	30	360
	Dias após o plantio	
0	100 a*	95 a
18	95 a	90 a
50	100 a	65 b
70	100 a	75 b
Média	98,75	81,25
CV	11,32	45,12

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação; 0 = pleno sol; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

Desta forma, para a variável sobrevivência aos 360 d.a.p, tempo esse que culminou com o fim de avaliação do experimento a campo, verificou-se que as intensidades de sombreamento de 50 e 70% não são recomendadas para *H. heptaphyllus*. Dutra (2010) descreveu que, frequentemente, as análises do crescimento de mudas são utilizadas para prever o grau de tolerância das diferentes espécies ao sombreamento, sendo que há grande diversidade de respostas das espécies à luminosidade, principalmente, quanto ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e à sobrevivência das mudas. Contudo, Scalon et al. (2003) verificaram que mudas de *Bombacopsis glabra* (castanha-do-maranhão) não tiveram a sobrevivência afetada pelos diferentes níveis de luminosidade (Pleno sol, 30 e 50%), sendo que as mesmas atingiram um valor de 100% para essa variável.

Salienta-se diferença entre as avaliações da sobrevivência, realizadas aos 30 e 360 d.a.p, pois na primeira ocasião não houve impacto negativo nos diferentes níveis de sombreamento em relação aos 360 d.a.p (dados não publicados). Logo após a implantação do experimento a campo ocorreram elevados índices pluviométricos diários nos meses de setembro e outubro de 2012, o que possivelmente ocasionou a morte das mudas. Assim, aos 210 d.a.p ocorreu um período de seca (dias consecutivos com temperaturas mais elevadas e ausência de precipitação pluviométrica) (Figura 7). Contudo, as plantas estavam estabilizadas na área e, apesar das condições adversas, não foram verificadas novas mortalidades.

5.3.2 Parâmetros morfológicos

5.3.2.1 Altura

Para a variável altura não foi observada interação de fatores (sombreamento x tempo), porém efeito significativo de cada um destes como fator principal (Apêndice 16). Deste modo, o crescimento em altura durante um ano de avaliação para mudas de *H. heptaphyllus* foi superior estatisticamente no tratamento a pleno sol, no qual os indivíduos atingiram 63,56 cm, diferindo estatisticamente das demais intensidades de sombreamento a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) (Tabela 12).

O crescimento em altura evidenciado em pleno sol é corroborado pelo fato de que a espécie possui característica de ser semi-heliófila a heliófila (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Além disso, o ipê-roxo é comum na vegetação secundária, isto é, em capoeira e capoeirões, nessas formações a espécie pode se comportar como pioneira conforme Carvalho (2003), auxiliando na evolução dos ecossistemas (BACKES; IRGANG, 2002). Assim, sugere-se que não se utilize para essa espécie o sombreamento de 50 e 70% em plantio a campo, os quais representaram as menores médias, não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 12 – Crescimento em altura (H) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento em campo, Santa Maria, RS.

Sombreamento (%)	Alturas médias (cm)
0	63,56 a*
18	56,57 b
50	48,67 c
70	47,68 c
Média geral	54,12
CV(%)	51,25

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação; 0 = pleno sol; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

Por outro lado, avaliando a altura dentro do tempo de avaliação, percebe-se um incremento quadrático após o plantio das mudas a campo de *H. heptaphyllus*, independente da intensidade de sombreamento empregada (Figura 10). Em relação ao ponto crítico (PC)

verifica-se que nesse estudo não foi possível identificar estabilização da curva de crescimento, com indicativos de que a espécie ainda manteria seu crescimento até cerca de 375 dias.

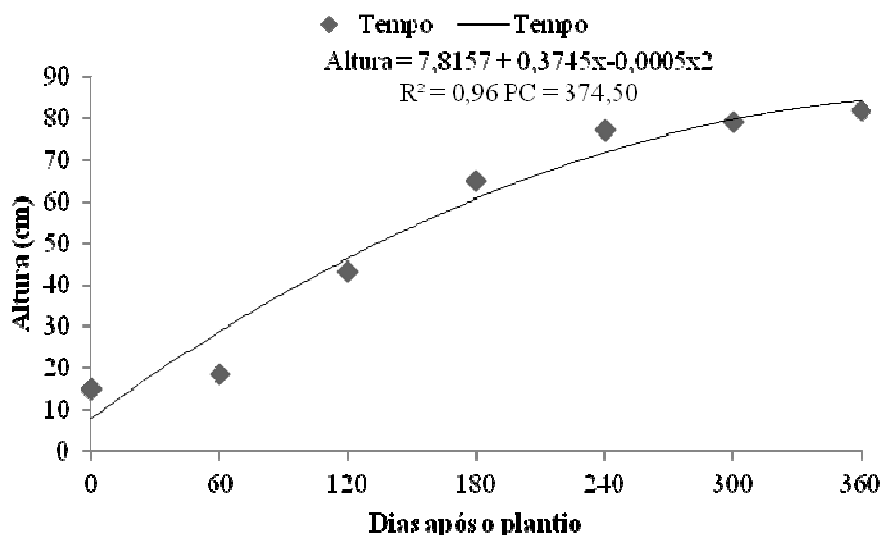


Figura 10 – Crescimento em altura (H) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos no decorrer dos dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

No tempo zero as mudas de ipê-roxo que foram a campo apresentaram, na média geral, 14,75 cm de altura e, aos 360 d.a.p (fim do experimento) atingiram 63,56 cm. Nesse período, houve um incremento em altura de 48,80 cm, o que representa um crescimento de 431% em relação ao momento do plantio.

Borges (2012) avaliando a ecofisiologia de *H. heptaphyllus* em vasos (1,7 L), observou que o crescimento das mudas diminuiu à medida que aumentou o sombreamento. Esse mesmo ainda afirma que a diminuição do crescimento ocorreu devido às menores taxas fotossintéticas e, conseqüente, menor produção de fotoassimilados. Os resultados encontrados por esse autor vêm a corroborar o que foi também mensurado neste estudo.

Aguiar et al. (2011), mensurando o crescimento de mudas de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) submetidas a cinco níveis de sombreamento (pleno sol, 20, 40, 60 e 80%), verificaram o maior crescimento em altura para plantas nos menores sombreamentos. Entretanto, corroboram o fato de que *C. echinata* como *H. heptaphyllus* tendem a apresentar menor altura sob maior sombreamento.

Os resultados em relação ao parâmetro altura verificados neste estudo para mudas de *H. heptaphyllus* foram maiores quando comparados aos encontrados por Paiva e Poggiani (2000) em plantio em sub-bosque de remanescente de Floresta Semidecidual, em São Paulo, com mudas com altura de 11,6 cm e, que ao final de um ano mensuraram 25,1 cm para mudas de *Handroanthus avellanadae* (ipê-roxo), representando um incremento de 13,5 cm (216,38%) em relação ao tempo zero. Este resultado é inferior ao deste estudo também em um ano de avaliação.

Araújo (2009) em estudo de crescimento de *Hymenaea courbaril* (jatobá), em Belém no Pará, em sacos (3L) sob diferentes sombreamentos (pleno sol, 23, 67 e 73%) avaliou aos 230 dias resultados distintos ao deste estudo, pois o mesmo constatou que à medida que aumentava o nível de sombreamento havia uma relação direta com o desenvolvimento das mudas em altura.

A comparação com outras espécies se faz necessária dada à falta de trabalhos com *H. heptaphyllus*, porém respaldam esse estudo e, indica a diferença de comportamento entre espécies.

5.3.2.2 Diâmetro do coleto

Para o diâmetro do coleto (DC), houve interação entre os tratamentos testados e o tempo de avaliação ($p < 0,05$) (Apêndice 16), sendo o incremento dessa variável ao longo do tempo linear para todas as intensidades de sombreamento (Figura 11). O incremento em diâmetro do coleto do tempo zero até o fim do experimento foi de 14,84 mm, o que representa um crescimento de 321%.

Analisando-se o tempo para cada sombreamento é possível aferir que até os 180 d.a.p não houve diferença significativa para a variável DC entre os níveis de sombreamento avaliados. Porém, esses diferiram entre si aos 240 d.a.p quando os tratamentos pleno sol e 18% de sombreamento apresentaram as maiores médias (19,04 e 17,96 mm, respectivamente), sendo superiores aos níveis de 50 e 70%. Entretanto, aos 300 d.a.p somente o sombrite de 18% alcançou a maior média (31,69 mm) (Figura 11).

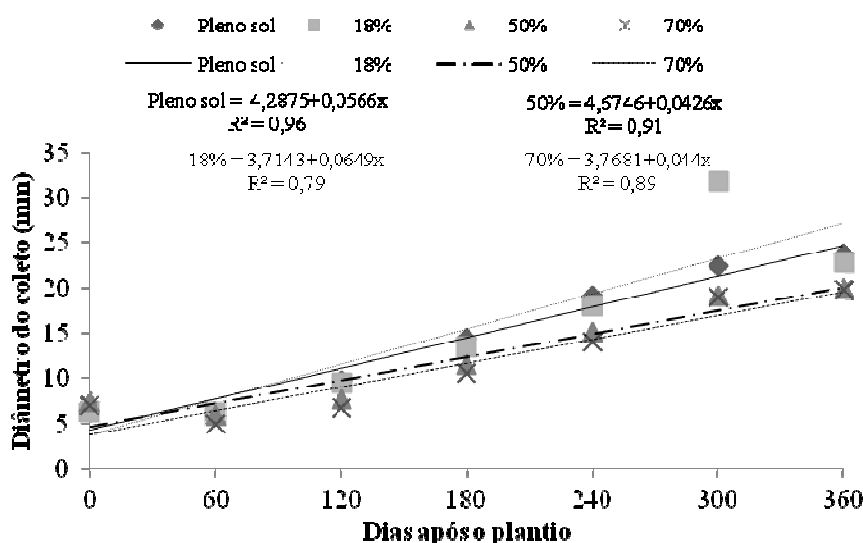


Figura 11 – Crescimento em diâmetro do coleto (DC) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos para os tratamentos utilizados no decorrer dos dias após o plantio em campo. Pleno sol = 0% de sombreamento; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

Ao final das avaliações a campo (360 d.a.p) os diferentes níveis de sombreamento não diferiram entre si a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$). Os resultados de DC aos 360 d.a.p foram expressivamente superiores ao que foi encontrado por Paiva e Poggiani (2000), em plantio em sub-bosque de remanescente de Floresta Semidecidual, no qual ao final de um ano, obtiveram 4,9 mm de diâmetro do coleto para mudas de *Handroanthus avellanadae*.

Por um curto período (≈ 120 d.a.p) evidenciou-se melhor desempenho no sombreamento de 18%, contudo, este é muito semelhante ao do pleno sol. Todavia, os tratamentos de 50 e 70% apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos, porém ao final do experimento os quatro níveis de sombreamento se equipararam. Portanto, para a variável DC indica-se o sombreamento 0, 18, 50 e 70%, todavia, pensando nos custos associados às malhas de sombreamento empregados em cada tratamento, além, do que foi observado nos demais parâmetros (altura, relação H/DC), recomenda-se o uso de pleno sol para mudas da espécie ipê-roxo plantadas a campo.

O fato do tratamento de 18% de sombreamento ter se assemelhado ao comportamento do pleno coincide com a elevação da precipitação após um período de maior déficit hídrico. Tendo em vista, que o crescimento em DC e do sistema radicular estão associados (BIRCHLER et al., 1998), pois plantas com maior exposição a evapotranspiração podem alocar fotoassimilados, na busca de potencializar sua maior absorção de água, o que não foi observado aos 360 d.a.p, devido à redução da temperatura.

O crescimento em DC de mudas de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) submetidas a cinco níveis de sombreamento (pleno sol, 20, 40, 60 e 80%) apresentou, respectivamente, 19,1, 18,8; 16,9; 14,8 e 13,5 mm (AGUIAR et al., 2011). Esses resultados apresentaram tendência similar neste estudo, havendo um decréscimo desta variável à medida que aumenta o nível de sombra. Borges (2012) estudando a ecofisiologia de *H. heptaphyllus* aferiu valores de DC igual a 3,77 mm em ambiente de clareira, porém, no sub-bosque esse valor diminuiu para 1,96 mm, o que corrobora os resultados observados no presente estudo. Esse comportamento também foi evidenciado por Soares (2012) com *H. crysotrichus* a pleno sol, 50 e 95% de sombreamento, verificando DC menores à medida que a luminosidade foi reduzida.

5.3.2.3 Relação altura/diâmetro do coleto

A relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) indicou o mesmo comportamento verificado para a variável altura, sendo significativo o tratamento utilizado e o tempo de avaliação ($p < 0,05$) (Apêndice 16).

Para a variável H/DC, a maior média foi obtida no tratamento de pleno sol (4,23 cm.mm^{-1}), não diferindo das intensidades de sombreamento de 18 e 50%, porém superior estatisticamente em comparação ao tratamento de 70%, no qual se constatou a menor média (3,35 cm.mm^{-1}) (Tabela 13). Entretanto, esses valores são baixos e, expressam a estabilidade das mudas na área com menores H/DC. Além disso, é indicativo de plasticidade da espécie, que apesar de crescer melhor em pleno sol, aloca fotoassimilados de forma equilibrada para a parte aérea e radicular. Ritchie et al. (2010) inferem que à medida que aumenta o sombreamento há diminuição dos valores de H/DC, fato que corrobora os valores desse estudo.

A H/DC em estudo realizado por Araújo (2009) com mudas *Hymenaea courbaril* (jatobá) em diferentes sombreamentos (pleno sol, 23, 67 e 73%) foi inferior no pleno sol decorrente da baixa competição por luz, resultado este diferente do que foi observado para o crescimento de *H. heptaphyllus*.

Tabela 13 – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento em campo, Santa Maria, RS.

Sombreamento (%)	H/DC médios (cm.mm ⁻¹)
0	4,23 a*
18	4,01 a
50	3,89 a
70	3,35 b
Média geral	3,87
CV(%)	40,35

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação; 0 = pleno sol; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

A relação H/DC no tempo revelou um comportamento quadrático desta variável para mudas de *H. heptaphyllus* ao longo do período de avaliação. O ponto crítico (PC) dessa variável foi verificado aos 195,90 dias após o plantio, sendo que após essa ocasião a H/DC foi influenciada negativamente, o que pode ser verificado pelo ponto de inflexão da curva (Figura 12).

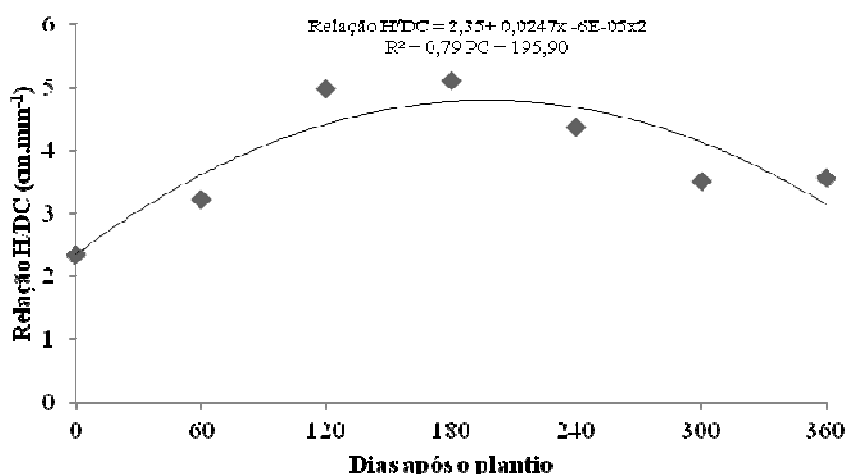


Figura 12 – Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) para mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos para os tratamentos utilizados no decorrer dos dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

Assim, a partir do PC, houve um maior crescimento em DC e, conseqüentemente, do sistema radicular na busca de água. Nesta ocasião, houve um período mais seco, com temperaturas elevadas e menor precipitação (Figura 8), no qual as plantas cresceram menos

em altura, alocando mais produtos da fotossíntese no DC, o que justifica a redução da relação H/DC (Figura 12).

Conforme Gonçalves et al. (2005), o sombreamento artificial pode influenciar no crescimento de mudas, pois o mesmo possui efeitos distintos de acordo com a classe ecológica de cada espécie. Os mesmos inferem ainda que uma comunidade vegetal se estabelece por meio das condições climáticas de cada região (principalmente precipitação e temperatura) e, sobretudo, da disponibilidade de luz, a qual ainda afeta a distribuição de espécies dentro da comunidade.

Nesse sentido, uma mesma espécie, de ampla distribuição geográfica, também pode apresentar comportamento diferenciado de acordo com os fatores ambientais, como o fotoperíodo. Sendo, que o crescimento satisfatório de algumas espécies em ambientes com diferentes disponibilidades luminosas pode ser atribuído à capacidade de ajustar, eficaz e rapidamente, seu comportamento fisiológico para maximizar a aquisição de recursos nesse ambiente (RÊGO; POSSAMAI, 2006). Corroboram este estudo Aguiar et al. (2011) e Borges (2012), os quais encontraram menores valores de H/DC ao passo que se reduz o nível de luz, respectivamente, *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) e *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo).

Com base nos parâmetros morfológicos para *H. heptaphyllus*, os resultados indicam a capacidade de plantas jovens em crescer em ambientes com elevada radiação solar, o que a torna espécie recomendada para projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas ou a pleno sol.

Além disso, conforme a literatura, a espécie possui característica de ser semi-heliófila a heliófila, sendo comum na vegetação secundária (capoeira e capoeirões) (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Nesse tipo de vegetação, o ipê-roxo pode se comportar como pioneira, auxiliando na evolução dos ecossistemas (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003).

5.3.3 Parâmetros fisiológicos

5.3.3.1 Pigmentos fotossintéticos

Para os pigmentos envolvidos na fotossíntese (clorofila total e carotenóides) houve interação entre os tratamentos (sombreamentos) e o tempo de avaliação. Para a relação

clorofila *alb* a significância ocorreu para os fatores principais ($p < 0,05$) (Apêndice 16). Avaliando o teor de clorofila total primeiramente dentro de cada tratamento em relação aos diferentes tempos de avaliação, observa-se que no pleno sol e em 70% de sombreamento o maior nível desse parâmetro ocorreu aos 360 dias após o plantio (d.a.p) (Tabela 14).

Tabela 14 – Teor de clorofila total e carotenóides em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

Pigmento	Sombreamento (%)	Tempo de avaliação (dias)	
		180	360
Clorofila Total (mg.g MF ⁻¹)	0	1,20 Bb*	1,98 Aa
	18	1,86 Aa	1,68 Bb
	50	1,83 Aa	1,60 Bb
	70	1,75 Ba	2,09 Aa
Carotenóides (mg.g MF ⁻¹)	0	0,45 Bb	0,51 Aa
	18	0,48 Aa	0,46 Ab
	50	0,47 Aa	0,49 Aa
	70	0,40 Bc	0,51 Aa

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de t de Student (LSD – teste da diferença mínima significativa) e pelo teste Scott-Knott, respectivamente, a 5% de probabilidade de erro. MF = massa fresca em g; T1 = pleno sol; T2 = Tela de sombreamento de 18%; T3 = Tela de sombreamento de 50% e T4 = Tela de sombreamento de 70%.

Uma das respostas adaptativas apresentadas por folhas, sujeitas a diferentes condições de luminosidade é a modificação da concentração dos pigmentos fotossintetizantes (GONÇALVES; MARENCO; VIEIRA, 2001; LICHTENTHALER; BUSCHMANN, 2001; KITAJIMA; HOGAN, 2003; RÊGO; POSSAMAI, 2006).

Em contrapartida, o tempo em comparação aos tratamentos utilizados, ressalta-se que aos 180 d.a.p a maior concentração de clorofila total foi observada na intensidade de sombreamento de 18% (1,86 mg.g de massa fresca⁻¹ - MF), não diferindo dos tratamentos de 50 e 70%, sendo superior somente ao pleno sol, a qual obteve a menor média (1,20 mg.g MF⁻¹). Entretanto, aos 360 d.a.p as maiores médias observadas foram nos sombreamentos 70% e 0% (pleno sol), respectivamente, com 2,09 e 1,98 mg.g MF⁻¹ (Tabela 14).

O fato dos teor de a clorofila total terem sido iguais no tratamento de pleno sol e em 70% de sombreamento, os quais se referem as extremidades de níveis de sombreamento, pode sugerir que as plantas de *H. heptaphyllus* na menor intensidade de luz tenham desenvolvido mecanismos de adaptação, para tentar aproveitar a reduzida luminosidade disponível sob o sombreamento.

O aumento da concentração de clorofilas em função do sombreamento é uma resposta amplamente descrita na literatura (GONÇALVES; MARENCO; VIEIRA, 2001), uma vez que, sob condições de altas irradiâncias a taxa de degradação das clorofilas é superior às taxas de síntese. Contudo, observou-se diferenças aos 180 e 360 d.a.p, nos quais tanto o teor de clorofila quanto o de carotenóides teve incremento entre a primeira e a segunda avaliação para os tratamentos de pleno sol e 70% de sombreamento (Tabela 14). Entretanto, para teores de clorofila total nos tratamentos intermediários (18 e 50%) ocorreu uma resposta inversa, sendo os maiores valores observados aos 180 d.a.p, não ocorrendo diferenças significativas para os teores de carotenóides entre as avaliações.

No desdobramento da interação entre os tratamentos e o tempo de avaliação, para os carotenóides, inicialmente, houve maior teor desses pigmentos aos 360 d.a.p para o pleno sol (0,51 mg.g MF⁻¹), não diferindo do sombreamento de 70%, sendo superior estatisticamente aos valores dos 180 d.a.p. Para os sombreamentos de 18 e 50% em qualquer época de avaliação não houve diferença significativa (Tabela 14).

O desdobramento do tempo dentro de cada tratamento permite inferir que aos 180 d.a.p a maior concentração de carotenóides foi mensurada no 18% (0,48 mg.g MF⁻¹) e 50%, em relação ao pleno sol (0,45 mg.g MF⁻¹) e 70% (0,40 mg.g MF⁻¹). Por outro lado, aos 360 d.a.p os tratamentos pleno sol, 50 e 70% não diferiram entre si, sendo superiores estatisticamente ao sombreamento de 18% (Tabela 14).

A concentração de carotenóides permite inferir que as plantas expostas ao pleno sol possuem mais agentes protetores do seu aparato fotossintético, e que a semelhança em relação ao sombreamento de 50 e 70% pode ter ocorrido em função da capacidade de adaptação da espécie, sugerindo uma plasticidade desta em relação ao fator luz.

A dissipação da energia absorvida pelas folhas é realizada por um grupo de carotenóides conhecidos como xantofilas. A resposta é induzida pela acidificação do lúmen dos tilacóides, produzida pelo excesso de prótons decorrentes da intensa radiação (LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008). O processo de dissipação, ou ciclo das xantofilas, envolve três carotenóides que se interconvertem em resposta à alta luminosidade.

Esses carotenóides estão presentes na membrana fotossintética e respondem de maneira rápida à mudança do nível de radiação (TAIZ; ZEIGER, 2004). A presença da atividade do ciclo das xantofilas também tem sido relacionada à diminuição de danos fotooxidativos (DEMMIG-ADAMS; ADAMS III, 1996; LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008). O fato de no presente estudo, o teor de carotenóides ser maior em pleno sol em relação ao tratamento de 70% de luminosidade aos 180 d.a.p. (Tabela 14) e desta diferença entre os

tratamentos não ser mantida aos 360 d.a.p., juntamente com os dados de clorofila total permite inferir que a espécie possui plasticidade, sugerindo ainda adaptabilidade aos diferentes ambientes de acordo com o seu estágio de desenvolvimento.

Em relação aos diferentes níveis de luminosidade, Taiz e Zeiger (2004) afirmam que algumas plantas têm suficiente plasticidade de desenvolvimento para se adaptarem a amplitude de regimes de luz, podendo crescer como plantas a pleno sol e como plantas em habitats sombrios. Esses descrevem também que as folhas de sombra têm mais clorofila total por centro de reação, com menor razão de clorofila *a/b* e, são, geralmente, mais finas do que as folhas expostas ao sol, que além de mais espessas têm células paliádicas mais longas.

Entretanto, a relação clorofila *a/b* foi maior no tratamento de 18% (3,09 mg.g MF⁻¹) e pleno sol (3,08 mg.g MF⁻¹), sendo superior estatisticamente ao sombreamento de 50 e 70%, este último demonstrando a menor média (2,82 mg.g MF⁻¹) a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) (Tabela 15), o que contrapõe a descrição de Taiz e Zeiger (2004).

Tabela 15 – Relação clorofilas *a/b* em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

Sombreamento (%)	Relação clorofilas <i>a</i> /clorofila <i>b</i>
0	3,08 a* ²
18	3,09 a
50	2,89 b
70	2,82 b
Tempo de avaliação (dias)	Relação clorofilas <i>a</i> / clorofila <i>b</i>
180	2,86 b ¹
360	3,08 a

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula diferem pelo teste de t de Student¹ (LSD – teste da diferença mínima significativa) e pelo teste Scott-Knott², respectivamente, a 5% de probabilidade de erro. 0 = pleno sol; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

No tempo de avaliação para a relação clorofilas *a/b*, observou-se que o maior valor foi obtido aos 360 d.a.p (3,08 mg.g MF⁻¹) diferindo estatisticamente dos 180 d.a.p. Essa média indica que houve uma redução do nível de clorofila *b*, podendo ser um indicativo de estresse. Salienta-se que nos 360 d.a.p em função de ser final do inverno as condições climáticas eram pouco favoráveis e, cujas plantas encontravam-se em repouso vegetativo. Desta forma, plantas expostas a maiores intensidades luminosas apresentaram os maiores índices de clorofila *a/b*. Conforme Monteith (1978) a relação clorofilas *a/b* deve ter valores entre 3 e 4,

sendo que abaixo disso, pode ser indicativo de estresse, indicando também uma menor adaptação da espécie.

Os valores da relação clorofilas *a/b* diferem dos encontrados por Rêgo e Possamai (2006), para mudas de *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa) produzidas em diferentes disponibilidades de luz (pleno sol, 18, 30, 50 e 70%), os quais verificaram que à medida que aumentou a intensidade de sombreamento, essa relação diminui. Esse mesmo estudo, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados sendo que o valor para o pleno sol foi de 1,184, 18% (1,284), 30% (1,089), 50% (1,293) e 70% (1,317), ambos os resultados inferiores aos encontrados neste estudo e dos referenciados por Monteith (1978).

Plantas adaptadas à sombra, quando submetidas a um aumento brusco da radiação solar, podem não ter capacidade de sobreviver a essa nova condição devido à fotoinibição (POWLES, 1984; KITAO et al., 2000). Os processos de proteção são relacionados, principalmente, à dissipação do excesso de energia sob a forma de calor, como aquele proporcionado pela atividade dos carotenóides e fluorescência (DEMMIG-ADAMS; ADAMS III, 1996).

Scalon et al. (2003) inferiram em estudo com *Bombacopsis glabra* (castanha-do-maranhão), que em condição de aumento do sombreamento ocorre em uma diminuição da relação clorofilas *a/b*. Nesse trabalho os autores verificaram maior média para o pleno sol (1,81), a qual diferiu do tratamento de 50%. Lima; Zanella; Castro (2010) encontraram essa mesma tendência em mudas de *Hymenea courbaril* (jatobá) e *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva) em sombreamentos distintos. Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo.

Moraes Neto et al. (2000) salientaram que em ambientes sombreados algumas espécies apresentam rápido crescimento como mecanismo de adaptação, visando a escapar ao déficit de luz, visto que, elas não são capazes de tolerar baixas intensidades luminosas, havendo um reajuste nas suas taxas metabólicas. Esta afirmação não foi confirmada pelo plantio de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* a campo em diferentes intensidades luminosas, sendo que neste estudo, os resultados dos parâmetros tanto morfológicos quanto fisiológicos demonstram o contrário.

Em relação à resposta contrária da clorofila total, a qual foi mais baixa em plantas cultivadas em pleno sol, pode-se sugerir que mudanças morfológicas tenham culminado neste resultado. No presente estudo, folhas de plantas cultivadas em pleno sol apresentaram aspecto coriáceo, sendo mais espessas e com maior peso específico quando comparadas às folhas de plantas sombreadas (dados não publicados), fato anteriormente descrito em experimento

realizado por Soares (2012) com plantas de *Handroanthus crysotrichus* (ipê-amarelo). Sugere-se que a realização da análise de pigmentos seja realizada em relação à área específica de cada folha, além do peso como foi feita nesse estudo, pois isso pode gerar uma resposta mais apurada, visto que, folhas a pleno sol como antes mencionado, eram coriáceas.

5.3.3.2 Fluorescência inicial da clorofila *a* e rendimento quântico máximo do fotossistema II

Em relação a fluorescência inicial da clorofila *a* (F0) e razão fluorescência inicial (F0) e fluorescência variável/fluorescência máxima (eficiência fotoquímica máxima ou rendimento quântico máximo do fotossistema II ou PSII - Fv/Fm) houve interação entre os tratamentos (sombreamentos) e o tempo de avaliação ($p < 0,05$) (Apêndice 16).

A análise de F0 permite inferir que há diferenças entre níveis de sombreamento, sendo somente evidenciadas aos 360 dias após o plantio (d.a.p.) (Tabela 16). Além disso, ocorreu uma variação acentuada entre os 30 e 360 d.a.p, tendo incremento de 130 e 153 % na fluorescência inicial para os tratamentos de pleno sol e 70% de sombreamento respectivamente, entre os 180 e 360 d.a.p. (Tabela 16). Esse fato pode ter ocorrido em função das mudas terem passado por um período de menos favorável, o qual corresponde ao final da estação fria (inverno). Nesse período, as mudas estavam realizando mais fluorescência do que destinando energia à fotoquímica (Tabela 16).

A eficiência fotoquímica não apresentou diferenças entre os tratamentos aos 180 d.a.p. Aos 360 d.a.p, observou-se uma redução neste parâmetro para o tratamento de 18% de sombreamento não ocorrendo nos demais (Tabela 16).

Por outro lado, avaliando o tempo dentro de cada sombreamento para a F0, pode-se inferir que não houve diferença significativa entre os tratamentos aos 180 d.a.p para mudas de *H. heptaphyllus* em plantio a campo. Por outro lado, aos 360 d.a.p os tratamentos diferiram entre si, sendo que a maior média foi observada no sombreamento de 50% (652,50). A menor média observada nesse período foi no pleno sol (252,50), o que representa a melhor condição à planta quando comparada aos demais tratamentos, pois quanto menor o valor de F0 melhor, sendo que este indica que a maior quantidade de energia está sendo direcionada à fotoquímica da fotossíntese, do que sendo empregada na fluorescência (Tabela 16).

Tabela 16 – Fluorescência inicial da clorofila a (F0) e rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos verificadas ao meio-dia em diferentes intensidades de sombreamento aos 180 e 360 dias após o plantio em campo, Santa Maria, RS.

Parâmetros	Sombreamento (%)	Tempo de avaliação (dias)	
		180	360
F0	0	109,33 Ba*	252,50 Ad
	18	124,67 Ba	373,50 Ac
	50	111,50 Ba	652,50 Aa
	70	190,00 Ba	480,00 Ab
Fv/Fm	0	0,54 Aa	0,47 Aa
	18	0,55 Aa	0,04 Bb
	50	0,53 Aa	0,33 Aa
	70	0,58 Aa	0,61 Aa

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de t de Student (LSD – teste da diferença mínima significativa) e pelo teste Scott-Knott, respectivamente, a 5% de probabilidade de erro. 0 = pleno sol; 18 = Tela de sombreamento de 18%; 50 = Tela de sombreamento de 50% e 70 = Tela de sombreamento de 70%.

Os valores de Fv/Fm indicam o rendimento quântico do fotossistema II, sendo que com base nos valores dos sombreamentos dentro dos tempos de avaliação, percebe-se que somente no tratamento de 18% há diferença significativa, sendo a maior média observada aos 180 d.a.p (0,55) (Tabela 16). Por outro lado, verificando cada tempo dentro dos sombreamentos é possível inferir que aos 180 d.a.p não houve diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo significância somente aos 360 d.a.p, sendo a maior média atingida pelas plantas em 70% de sombra (0,61), a qual não diferiu do pleno sol (0,41), e 50% de sombreamento (0,33) e, esses diferiram do sombreamento de 18% (0,04).

Bolhàr-Nordenkampff; Long; Baker (1989), relatam que, quando a planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão Fv/Fm deve variar entre 0,75 e 0,85. Esses valores são superiores aos encontrados neste estudo para os sombreamentos utilizados (pleno sol, 18, 50 e 70%), o que pode sugerir que tenha ocorrido uma fotoinibição em função do horário de medição, o qual correspondeu ao meio-dia (12 horas).

Estudos têm demonstrado que a atividade do fotossistema II (PSII) é altamente regulada por radiação e a utilização de ATP e NADPH no ciclo de Calvin e outros processos metabólicos no cloroplasto (ROSENQVIST; VAN KOOTEN, 2003). Portanto, a eficiência fotoquímica do PSII e a taxa de dissipação de calor devem ser ajustadas de modo que as taxas de transporte de elétrons correspondam à capacidade da redução de carbono no ciclo de Calvin (RUBAN; HORTON, 1995).

No presente estudo o valor menor de F0 aos 360 d.a.p, em plantas cultivadas em pleno sol, pode estar relacionado com a maior produção de fitomassa evidenciada nos parâmetros

morfológicos (altura e diâmetro do coleto). O aumento do valor de F_0 pode indicar que está ocorrendo dano fotoquímico. No entanto, deve-se ter muito cuidado ao tentar interpretar a importância do aumento de F_0 como resultado de um tratamento de estresse. Estes níveis de fluorescência são determinados tanto pelas propriedades físico-químicas do PSII como pelas propriedades ópticas da folha.

Neste sentido, durante estudos longos, as propriedades ópticas da folha podem mudar significativamente e modificar a proporção de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que é absorvida. Alterações na RFA absorvida, que é recebida pelo PSII, podem ocorrer devido às mudanças na estrutura e organização da membrana dos tilacóides. Tais modificações resultarão em mudanças em F_0 que são independentes das mudanças do rendimento.

Não há um consenso da classificação quanto ao fator luz para a espécie *H. heptaphyllus*, pois neste estudo, observou-se um melhor desempenho desta no pleno sol (testemunha). Contudo, Carvalho (2003) classifica o ipê-roxo como secundária tardia. Entretanto, Gonçalves et al. (2005) afirmam que espécies pioneiras e secundárias iniciais possuem intolerância à sombra, as secundárias tardias são tolerantes ao sombreamento no estágio juvenil e intolerantes quando adultas e, as clímax são tolerantes à sombra, o que foi diferente dos resultados deste estudo.

No entanto, de forma geral, constata-se que os parâmetros fisiológicos sugerem a mesma tendência evidenciada nos parâmetros morfológicos, indicando que mudas de *H. heptaphyllus* podem ser plantadas em locais nos quais não há a necessidade de sombreamento, sendo uma peculiaridade muito importante para projetos em áreas desprovidas de vegetação.

Por fim, a qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em plantio utilizando o tratamento a pleno sol pode ser representada por uma muda com uma altura de 63,56 cm, diâmetro do coleto de 23,78 mm, relação H/DC de 4,23 cm.mm⁻¹, clorofila total de 1,98 mg.g MF⁻¹, carotenóides de 0,51 mg.g MF⁻¹ e relação clorofilas *a/b* de 3,08 aos 360 d.a.p.

5.4 Conclusão

Mudas de *Handroanthus heptaphyllus* apresentam sobrevivência elevada e adequado crescimento a pleno sol, não sendo recomendado o sombreamento de 50 e 70% para a espécie, o que é verificado por meio dos parâmetros morfológicos, os quais são indicadores adequados.

Os parâmetros fisiológicos são indicadores apropriados à qualidade de mudas a campo, corroborando os resultados dos parâmetros morfológicos.

Houve aumento dos níveis de pigmentos fotossintéticos (clorofila total e carotenóides) e menor fluorescência da clorofila *a* ao longo do experimento, principalmente, com maior fotoperíodo e maior temperatura.

A espécie é recomendada para projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, inclusive a pleno sol.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo indica que no teste de germinação das sementes de *Handroathus heptaphyllus* podem ser utilizados vários substratos, como sobre e entre vermiculita e areia, entre papel mata-borrão e filtro. Além disso, o armazenamento de sementes é viável em câmara seca e fria ou sala seca e fria com baixa umidade relativa (49%) e temperatura de 18°C, apesar da redução de cerca de 33% do potencial de germinação, após 300 dias de armazenamento. Assim, a sazonalidade de produção de sementes, considerada um problema para produção de mudas, seria compensada pela aquisição de maior quantidade de sementes, nos anos alternados com produção baixa ou nula.

As mudas podem ser produzidas em tubetes 110 ou 180 cm³, porém, a espécie é exigente nutricionalmente, devendo-se realizar maior adubação em menor volume de substrato. Após seis meses de viveiro, apesar das mudas não atingirem altura e diâmetro do coelto compatível com o descrito como adequado na literatura, a espécie responde satisfatoriamente no crescimento inicial no campo (1 ano), podendo ser plantada a pleno sol ou sob sombreamento leve (18%), o que permite indicá-la em projetos de reflorestamento comercial e recuperação de áreas alteradas.

No entanto, apesar dos resultados considerados consistentes, muitos estudos sobre a espécie ainda se fazem necessários para o desenvolvimento tecnológico de *H. heptaphyllus*, assim recomenda-se em pesquisas futuras buscar a padronização do teste de condutividade elétrica para a espécie. Além disso, há a necessidade de maior investimento no armazenamento destas, visando garantir a oferta de sementes em anos com possível sazonalidade de frutificação.

Quanto à exigência nutricional da espécie, sugerem-se novos estudos abordando outras doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), do uso deste em relação à adubação de pronta liberação. E em paralelo, realizar a análise da viabilidade econômica.

Indica-se em trabalhos futuros avaliação do plantio a campo em diferentes intensidades de sombreamento com *H. heptaphyllus*, durante maior período. Além, da realização de estudos morfológicos foliares nos diferentes sombreamentos.

Nesse sentido, haverá maior garantia no sucesso do processo desde a produção de sementes, mudas em viveiro até seu acompanhamento a campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. F. A. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 729-734, nov/dez, 2011

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

AJALA, M. C. et al. Efeito do volume do recipiente na produção de mudas e no crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. no Oeste Paranaense. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2039-2046, nov./dez. 2012.

ANTONIAZZI, A. P. et al. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 313-317, jul./set. 2013.

ARAÚJO, D. D. de. **Crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob quatro níveis de sombreamento**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio, Programa de Pós-Graduação em Botânica. Belém, PA, 2009. 65f.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Journal Plant Physiology**, v. 24, p. 1-15, 1949.

AZEVEDO, V. K. **Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo (ipê-roxo)**. Monografia (Graduação), apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, 2008. 22f.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. Santa Maria, RS: Ed. Pallotti. 2002, 325 p.

BAOLI, D. et al. Morphological and physiological plasticity of woody plant in response to high light and low light. **Chimical Journal Appl. Environment Biology**, v. 11, n. 2, p. 238-245, 2005.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 2001. 666p.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustred genera of imperfect fungi**. 3. ed. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1999. 241 p.

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

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. Colombo, PR: Embrapa, 2001. 6p. (**Circular técnica** nº 54).

BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. SILVA, H. D. da. Nutrição, adubação e calagem para *Eucalyptus*. In: FERREIRA, C. A. SILVA, H. D. da. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo, PR: Embrapa, 2008. 109p.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P., BAKER, N. R., et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Magazine Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989.

BORBA FILHO, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de sementes**, v. 31, n. 1, p. 259-269, 2009.

BORGES, V. P. **Ecofisiologia de *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo em ambientes contrastantes de luz**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas - BA, 2012. 72f.

BOMFIM, A. A. et al. Avaliação morfológica de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens* Rtull.) produzidas em tubetes e sacos plásticos e de seu desempenho no campo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 33-40, jan.-mar., 2009.

BOTELHO, L. da S.; MORAES, M. H. D.; MENTEN, J. O. M. Fungos associados às sementes de ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) e ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*): incidência, efeito na germinação e transmissão para as plântulas. **Revista Summa Phytopathology**, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 343-348, 2008.

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 223-232, 2010.

BRASIL, 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.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Sementes Florestais: **Colheita, Beneficiamento e Armazenamento**. Org.: SENA, C. M. de; GARIGLIO, M. A. Natal: MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008. 28p. (Guias Técnicos, 2).

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regra para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 399 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes** – Anexo do capítulo 9 – Teste de sanidade de sementes das Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 202p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 35**, de 14 de julho de 2011. Disponível em:
<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2014. 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 26**, de 10 de setembro de 2012. Disponível em:
<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2014. 2012.

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

BRONDANI, G. E. et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. Curitiba, **Revista Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

BUSATO, L. C. et al. Aspectos ecológicos na produção de mudas de sementes e mudas para a restauração. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 293p.

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. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1363-1371, dez., 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, 590p.

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

CARVALHO, P. E. R. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e a implantação de povoamentos. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo, PR: Embrapa florestas, 2000. 351p.

CARVALHO, L. R. de; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CHEROBINI, E. A. I.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 65-73, jan-mar., 2008.

COPELAND, L. O; MCDONALD, M.B. **Seed science and technology**. New York: Chapman & Hall, 3. ed., 1995. 409p.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DACOSTA, L. P. E. Nutrição em viveiros florestais. In: HOPPE, J. M. et al. **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático nº 1. 2. ed. Santa Maria, RS: UFSM: 2004, 402p.

DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acácia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2008, p. 11-82.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2008, p.83-124.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS III, W. W. The role of xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. **Magazine Trends in plant science**, v. 1, n. 1, p. 21-26, 1996.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.

DHINGRA, O. D. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 139-145, 1985.

DUBOC, E. Cultivo de espécies nativas do Bioma Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa, 2004, 10p. (**Comunicado técnico**).

DUTRA, T. R. **Crescimento e nutrição de mudas de copaíba em dois volumes de substratos e níveis de sombreamento**. Dissertação (Mestrado), Curso de Pós- Graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina: UFVJM, 2010. 45f.

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

EL-MOSHATY, F. I. B.; PIKE, S. M.; NOVACKY, A. J. et al. Lipid peroxidation and superoxide production in cowpea (*Vigna unguiculata*) leaves infected with tobacco ringspot virus or southern bean mosaic virus. **Magazine Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 43, p. 109-119, 1993.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. 89f.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N.. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 75-79, 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. **Revista Symposium**, 2008.

FERREIRA, C. A. SILVA, H. D. da. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. 109p.

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; NOGUEIRA, E. DE O. Controle de qualidade de sementes florestais: Propostas de parâmetros técnicos. In: PINA-RODRIGUES, F. C. M. et al. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. 1^a ed. Seropédica: Edur. 2007. 188p.

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de. SILVA, A. da. Germinação de sementes de três espécies arbóreas brasileiras. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 107-115, jun. 2009.

FLORIANO, E. P. Germinação e dormência de sementes florestais. In: HOPPE, J. M. et al. **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático n. 1. 2. ed. Santa Maria, RS: UFSM: 2004, 402p.

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Revista Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.

GASPARIN, E. **Armazenamento de sementes e produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**, 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2012, 146p.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Magazine Plant Physiology and Biochemistry**. v. 48, p. 909-930, 2010.

GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. de A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 507-518, 2003.

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

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

GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 149-157, 2001.

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, 2005. p. 309-350.

GRAÇA, L. R.; RODIGHERI, H. R.; SANTOS, A. J. Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 32p. (Embrapa Florestas. **Documentos, 50**).

GRINGS, M.; BRACK, P. *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul**. Orgs: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. Brasília: MMA, 2011.934p.

GUARIZ, H. R. et al. Aspectos anatômicos e ecofisiológicos de *Cedrella fissilis* vell. sob diferentes níveis de sombreamento. **Anais do X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**. p. 2794-2797. 2006.

HAASE, D. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planter's Notes**. United States: Department of Agriculture/ Forest Service, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

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

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. Fertilization. In: Dumroese, R. Kasten; Luna, Tara; Landis, Thomas D., editors.. **Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries - Volume 1: Nursery management**. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 200-215.

JACCOUD-FILHO, D. S.; DABUL, A. N. G. Novos métodos de detecção de fungos em sementes florestais. In: SANTOS, A. F. dos; PARISI, J. J. D; MENTEN, J. O. M. **Patologia de sementes florestais**. Colombo, PR: Embrapa florestas, 2011. 236p.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. de. Produção de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pala mineração de Bauxita. Lavras, **Revista Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, abr./jun. 2005.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 73-86, jan./mar. 2009.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Armazenamento de sementes de três espécies nativas (*Handroanthus heptaphyllus*, *Erythrina verna* e *Chorisia speciosa*). **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 435-439, 1992.

KÄMPF, A. N. Evolução e perspectivas do uso de substratos no Brasil. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. **Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas em Substrato**. Viçosa: Editora Gráfica da Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 3-10.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba, RS: Editora Agrolivros, 2005. 256p.

KITAJIMA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. **Journal Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 957-965, 2003.

KITAO, M. et al. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. **Journal Plant, Cell and Environment**, v. 23, p. 81- 89, 2000.

KNAPIK, J. G. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. e *Prunus sellowii* Koehne.** Dissertação (Mestrado), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 163f. 2005.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Journal Plant physiological ecology.** 2. ed. Berlin: Springer, 2008.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after outplanting. **Forest Nursery Notes.** United States, Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 5-11.

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.

LICHTENTHALER, H. K. et al. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. **Photosynthesis Res.**, v. 2, p. 115-141, 1981.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. In: Wrolstad, R. E.; ACREE, T. E.; AN, H.; DECKER, E. A.; PENNER, M. H.; REID, D. S.; SCHWARTZ, S. J.; SHOEMAKER, C. F.; SPORNS, P. (Eds.). **Current protocols in food analytical chemistry (CPFA).** New York: John Wiley & Sons, F4.3.1-F4.3.8, 2001

LIMA JUNIOR, M. J. V. ed. **Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais.** Manaus, AM: UFAM, 2010. 146p.

LIMA, A. L. da S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L. D. M. de. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010.

LIMA M. A. O. et al. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Revista Scientia Forestalis**, v. 38, p. 527-534, 2010.

LISBOA, A. C. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

LOPES, E. C. et al. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. **Revista Acta amazônica**, v. 43, n. 3, p. 291-296, 2013.

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

LOUREIRO, L. M. de J.; GAMEIRO, M. G. H. Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância. **Revista de Enfermagem Referência**. III Série, n. 3, p. 151-162, Mar., 2011.

MACIEL, M. de N. M. et al. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, Jan/Jun, 2002.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do volume de tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud e *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fotossíntese. In: MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 169p.

MARTINELLI-SENEME, A.; HOFFMAN, S.; POSSAMAI, E. Colheita e germinação de sementes de ipê (*Handroanthus crysotrichus*). **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v. 9, n. 4, p. 419-423, 2008.

Martins, L; Lago, A. A. do; Cícero, S. M. Conservação de sementes de ipê-roxo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 108-112, 2012.

MELO, C. M. C. de; EIRA, M. T. S. da. Conservação de sementes de Jacarandá-mimoso (*Jacaranda acutifolia* Humb & Bonpl.) – Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 2, p. 193-196, 1995.

MELO, M. F. F.; VARELA, V. P. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da Amazônia. . I. *Dinizia excelsa* DUCKE (ANGELIM-PEDRA). II *Cedrelinga catenaeformis* DUCKE (CEDRORANA) - LEGUMINOSAE: MIMOSOIDEAE. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 54-62, 2006.

MENDES, S. S.; MESQUITA, J. B. E.; MARINO, R. H. Qualidade sanitária de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) De wit armazenadas em câmara fria. **Revista Acta Forestalis**, Aracaju, v. 1, n. 1, agosto, 2011.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: **Target seedling symposium**: proceedings combined meeting of the western forest nursery associations, 1990, Oregon. Proceedings. Oregon: USDA, 1990. cap. 3. p. 17-37.

MONTEITH, J. L. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops. **Magazine Experimental Agriculture**, v. 14, p. 1-5. 1978.

MORAIS NETO, S. P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, p. 35-45, 2000.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83p.

MOTA, L. H. de S. SCALON, S. de P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas no crescimento inicial de *Dypteryx alata* Vog. **Revista Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

NASCIMENTO, W. M. O. et al. Sanidade de sementes de *Pterogyne nitens*. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, n. 1, p. 149-153, 2006.

NAVE, A. G. et al. Descrição das ações operacionais de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1. ed. São Paulo: LERF/ESALQ :Instituto BioAtlântica, 2009. v. 1. 256 p

OLIVEIRA, O. dos S. **Tecnologia de sementes florestais** – espécies nativas. Curitiba: Ed. da UFPR, 2012. 404p.

OLIVEIRA, L. M. et al. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. Curitiba, PR, **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Comparação de custos de sistemas de adubação para mudas de citros: fontes liberação lenta x solúveis. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p. (**Comunicado Técnico**, 74).

OLIVEIRA, A. K. M. de.; PEREZ, S. C. J. de G. A e. Crescimento inicial de *Tabebuia áurea* sob três intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 263-273, abr.-jun., 2012.

PAIVA, A. V de; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Revista Scientia Florestalis**, p. 141-151, jun., 2000.

PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. **Guia prático para a colheita e manejo de sementes florestais tropicais**. Rio Janeiro: Idaco, 2002. 40p.

PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. et al. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 11, p. 283-295.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; NOGUEIRA, E. DE O.; PEIXOTO, M. C. Estado da arte da pesquisa em tecnologia de sementes de espécies florestais na Mata Atlântica. In: PINA-RODRIGUES, F. C. M. et al. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. 1ª ed. Seropédica: Edur. 2007. 35-48.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: sem editora, 1985, 289p.

POWLES, 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 35, p. 15-44, 1984.

RIBEIRO, L. de S. **Tolerância à salinidade em videiras Petite syrah enxertada sobre diferentes porta-enxertos**. 2009. 86f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes/RJ.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Revista Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179-194, jul.-dez., 2006.

REIS, E. R. dos. Qualidade de mudas. In: HOPPE, J. M. et al. **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático n. 1. 2. ed. Santa Maria, RS: UFSM: 2004, 402p.

REIS, E. R. dos et al. Variabilidade dos parâmetros morfológicos em mudas de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 141-146, abr./jun. 2008.

REITZ, R. et al. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e abastecimento, 1983. 525p.

RITCHIE, T. D. et al. Assessing Plant Quality. In: Landis, T.D.; Dumroese, R.K.; Haase, D. L. **The Container Tree Nursery Manual**. Volume 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010. cap. 2. p. 19-81.

ROSSA, U. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 93-104, jan./mar., 2013.

ROSENQVIST, E.; VAN KOOTEN, O. Chlorophyll fluorescence: a general description and nomenclature. In: DEELL J. R.; TOIVONEN, P. M. A. (Eds.). **Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology**. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, p. 30-77, 2003.

RUBAN, A. V.; HORTON, P. Regulation of nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence in plants. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 22, p. 221-230, 1995.

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C. Germinação, Análise e armazenamento de sementes. In: SALOMÃO, A. N. et al. **Germinação de sementes e mudas e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília, GO: Rede de sementes do Cerrado, 2003. 96p.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. 2004. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Editora UnB, Brasília. v. 1. 247p.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substrato na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Revista Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SANTOS, F. E. M. dos et al.. Detecção de fungos patogênicos em sementes de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 13-20, 2001.

SANTOS, S. R. G. dos; PAULA, R. C. de. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail.) Smith & Downs. **Revista Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 7-16, mar., 2009.

SANTOS, A. F. dos; PARISI, J. J. D; MENTEN, J. O. M. Importância da sanidade das sementes florestais. In: SANTOS, A. F. dos; PARISI, J. J. D; MENTEN, J. O. M. **Patologia de sementes florestais**. Colombo: Embrapa florestas, 2011. 236p.

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

SBCS/CQFS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, RS: Evangraf LTDA, 2004, 440p.

SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto ‘trifoliata’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SCREMIN-DIAS, E. et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas**: manual (Rede de sementes do Pantanal; 2. Campo Grande, MS : Ed. UFMS, 2006. 59p. 2006.

SERRANO, L. A. L. et al. Sistema de blocos prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 441-447, 2006.

SGARBI et al. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 2., 1999, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: IPEF, ESALQ, 1999. p. 120-125.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. 2. ed., Viçosa, MG: UFV, 2005, 178p.

SILVA, B. M. da S. et al. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber.. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1019-1026, 2007.

SOARES, M. G. **Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) em resposta a radiação solar**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, 2012. 91f.

- STORK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2000. 198p.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.
- STREIT, M. N. et al. As clorofilas. **Revista Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 720 p.
- VARGAS, F. S. Efeitos da mudança de recipiente em viveiro na qualidade de mudas de *Cassia leptophylla* Vogel, *Eugenia involucrata* DC. e de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 169-177, abr./jun., 2011.
- VENTURA, M. J. da S. **Compensação da fertilização de base em mudas de *Colubrina glandulosa* Perkins e *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos produzidas em tubetes**. 2012. 134f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras/MG.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (Ed.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo, PR: Embrapa florestas, 2010. 184p.
- WIELEWICKI, A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.
- VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 167-190.
- VIANA, J. S. et al. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 663-671, out./dez. 2008.
- VILLELA, F. A. PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: RS: Artmed, 2004. 323p.

7 APÊNDICES

7.1 Apêndices capítulo I

7.1.1 Análise de variância

Apêndice 1 – Análise de variância (quadrado médio) para germinação do experimento 1 e 2 com sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em laboratório (tempo zero e 300 dias após o armazenamento), Santa Maria

Experimento 1 – Adequação de substrato						Armazenamento					
FV	GL	G	IVG	AN	M	FV	GL	G	IVG	AN	M
Substrato	8	610*	0,43*	437,44*	72,44 ^{ns}	Armaz.	3	1389,33*	0,35*	9 ^{ns}	1369,90
Resíduo	8	92,30	0,04	35,85	65,18	Resíduo	12	63,33	0,03	11	88,33
Média	-	74	1,24	6,89	19,11	Média	-	58	1,25	2,25	39,75
CV (%)	-	13,04	15,45	86,92	42,25	CV (%)	-	13,72	13,76	147	23,64

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Fisher); ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; G = plântulas normais; IVG = índice de velocidade de germinação; AN = plântulas anormais; M = sementes mortas; CV = Coeficiente de variação, Armaz. = armazenamento.

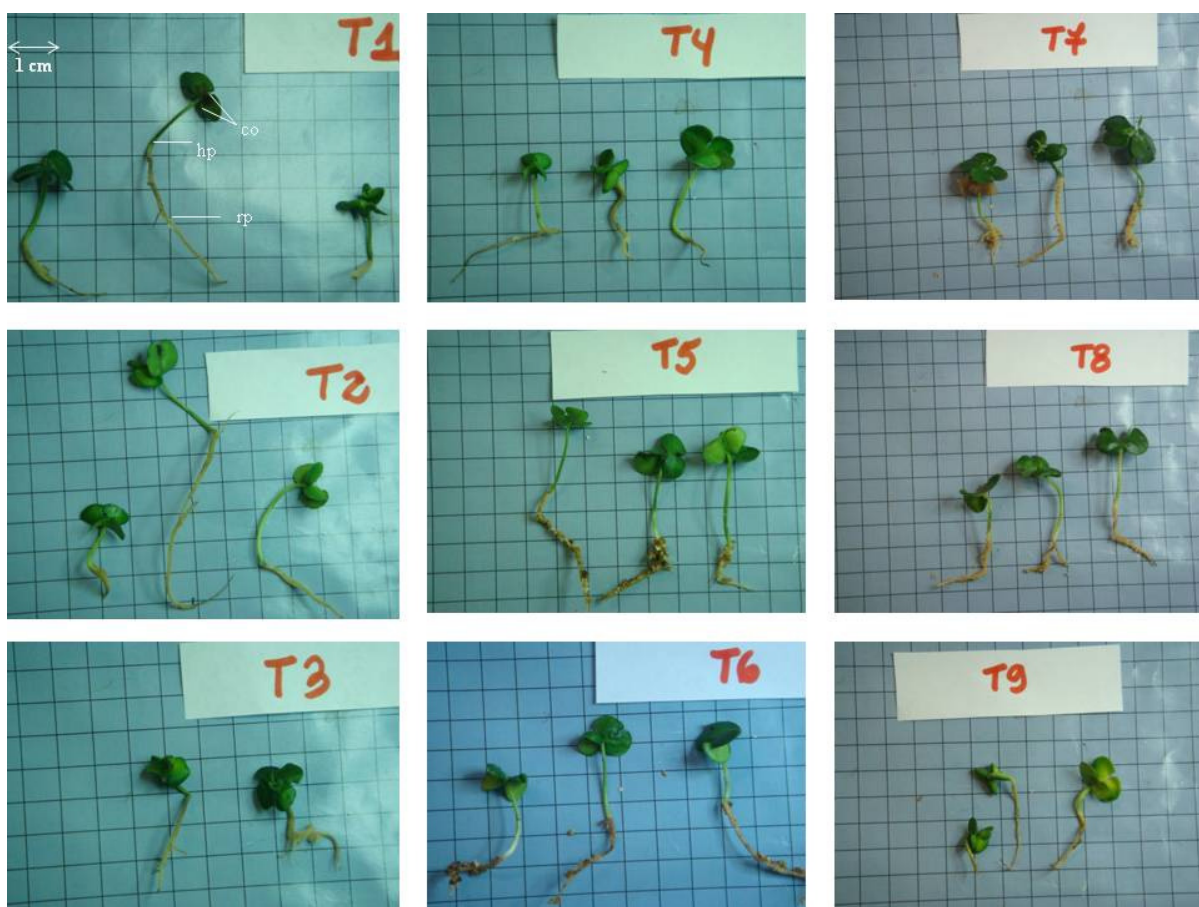
Apêndice 2 – Análise de variância (quadrado médio) para condutividade elétrica (CE) do experimento 1 e 2 com sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos em laboratório (tempo zero e 300 dias após o armazenamento), Santa Maria, RS

Experimento 1 - Adequação de substrato			Experimento 2 - Armazenamento		
FV	GL	CE	FV	GL	CE
Semente (S)	1	11*	Armaz. (AR)	2	2,51 ^{ns}
			Semente (S)	1	275,38*
Água (A)	2	29,86*	Água (A)	2	341,10*
			ARxS	2	10,19 ^{ns}
SxA	2	4,93*	ARxA	4	9,05 ^{ns}
			SxA	2	15,10 ^{ns}
Resíduo	18	0,92	ARxSxA	4	7,47 ^{ns}
			Resíduo	54	11,15 ^{ns}
Média	-	5,13	Média	-	14,23
CV (%)	-	18,68	CV	-	23,48

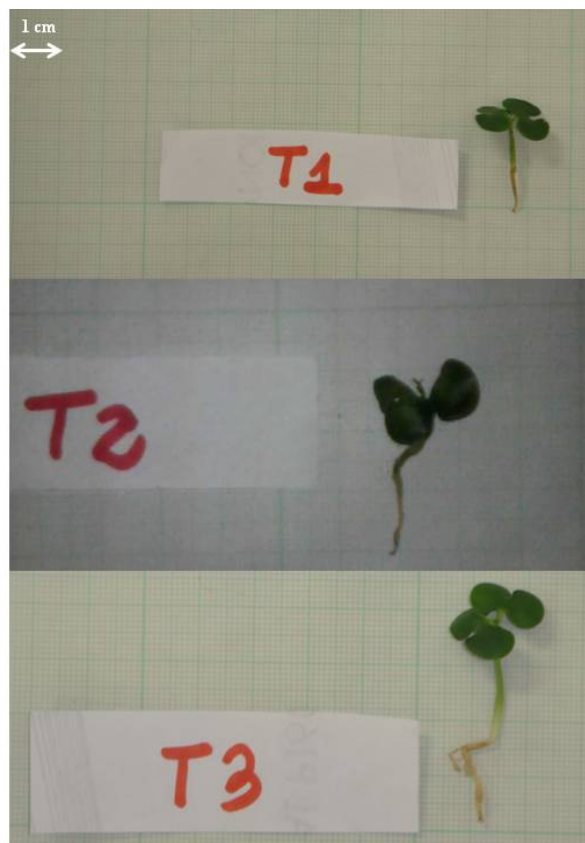
*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Fisher); ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = Coeficiente de variação, Armaz. = armazenamento.

7.1.2 Aspectos morfológicos plântulas normais no tempo zero e após 300 dias de armazenamento

Apêndice 3 – Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos verificadas no teste de germinação do experimento 1 (tempo zero). co – cotilédones; hp – hipocótilo e rp – raiz primária, Santa Maria, RS. T1= sobre papel mata-borrão; T2 = entre papel mata-borrão; T3 = sobre papel filtro; T4 = entre papel filtro; T5 = sobre vermiculita; T6 = entre vermiculita; T7 = sobre areia; T8 = entre areia; T9 = rolo de papel.



Apêndice 4 – Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos verificadas no teste de germinação do experimento 2 (300 dias após o armazenamento), Santa Maria, RS. T1 = sala seca e fria; T2 = câmara úmida e fria; T3 = câmara seca e fria



7.2 Apêndices capítulo II

7.2.1 Dados de clima

Apêndice 5 – Dados médios de temperatura (mínima, média e máxima) e umidade relativa durante o experimento sobre a Influência do tamanho de recipiente e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) em mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS

Mês/Ano	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)
	Média	Máxima	Mínima	
jan/12	26,7	33,3	19,6	62,1
fev/12	27,5	33,1	21,4	70,5
mar/12	24,2	30,3	17,1	70,1
abr/12	20,0	25,9	13,8	79,1
mai/12	18,9	24,6	12,3	77,9
jun/12	14,9	19,7	10,6	81,2
jul/12	13,1	17,7	7,8	79,7

Fonte: Estação Climatológica Principal de Santa Maria, Campus da Universidade Federal de Santa Maria

7.2.2 Análise de substrato

Os parâmetros físicos avaliados foram densidade úmida (kg.m^{-3}); densidade seca (kg.m^{-3}) e a umidade (%). A determinação da porosidade total, espaço de aeração e água disponível foram realizadas por meio de mesas de tensão, com 0, 10, 50 e 100 cm de coluna de água, correspondendo, respectivamente, às tensões de 0, -10, -50 e -100 hPa.

Após foram obtidos os seguintes parâmetros, expressos em %:

1. Porosidade total (PT): corresponde à umidade volumétrica presente nas amostras saturadas (0 hPa);
2. Espaço de Aeração (EA): diferença obtida entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão -10 hPa;
3. Água Facilmente Disponível (AFD): volume de água encontrado entre -10 e -50hPa;
4. Água Tamponante (AT): volume de água encontrado entre -50 e -100 hPa;
5. Água disponível (AD): obtida pela soma de AFD + AT;

6. Água remanescente (AR 100): volume de água que permanece na amostra após ser submetida à tensão de -100 hPa; e
7. Capacidade de Retenção de Água (CRA): é a quantidade de água retida por um substrato após ser submetido a uma determinada tensão.

Os parâmetros químicos analisados foram a condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) e o pH, com o uso de condutivímetro e potenciômetro (pHmetro), respectivamente, em ambos utilizou-se a diluição de 1:5 (v/v), com água deionizada.

De maneira geral, o substrato comercial a base de turfa sphagno e casca de arroz carbonizada (20%) independente da adubação de base apresentou conforme Kämpf (2005) um pH ácido (adequado por possuir matéria orgânica – de 5,0 a 5,8), valores de densidade seca (DS) abaixo do recomendado (650 a $850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), com uma porosidade total (PT) adequada ($\approx 85\%$). Somado a isso, o espaço de aeração (EA) ficou dentro do descrito, o qual deve situar-se entre 20 e 40%, a água facilmente disponível (AFD) ficou abaixo do limite ideal, que deve ser de 20 a 30%, e a água tamponante (AT) está adequada dentro do esperado (4 a 10%) (FERMINO, 2003).

Apêndice 6 – Atributos físicos e químicos do substrato comercial a base de turfa sphagno e casca de arroz carbonizada (20%) nas diferentes dosagens de fertilizante de liberação controlada utilizado na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos, Santa Maria, RS

Parâmetros	Unidade	Substrato a base de turfa e casca de arroz carbonizada (20%)			
		Dosagens FLC			
		Testemunha ($0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)	$2,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	$5,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	$7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
pH	H_2O	5,65	5,54	5,69	5,50
CE	$\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$	0,41	0,41	0,42	0,45
DU	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$	218,23	210,28	215,74	215,07
DS	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$	135,98	189,50	181,20	190,06
UA	%	37,70	9,87	16,00	11,63
PT	%	83,25	83,14	82,66	81,53
EA	%	32,15	32,51	30,57	30,87
AFD	%	18,70	12,00	15,08	12,28
AT	%	4,00	3,39	3,31	3,81
AR	%	28,39	35,24	33,70	34,56
CRA (10)	%	51,09	50,63	52,09	50,65
CRA (50)	%	32,39	38,63	37,01	38,37
CRA (100)	%	28,39	35,24	33,70	34,56

FLC = Fertilizante de liberação controlada NPK 18-05-09; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AR = água remanescente, AD = água disponível que pode ser obtida pela soma de AFD + AT; CRA10, 50 e 100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica -v/v; pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade Atual.

7.2.3 Características químicas e físicas do fertilizante de cobertura

O fertilizante de cobertura possui na sua formulação dois nutrientes que não estão presentes no fertilizante de liberação controlada, estes são o boro e o zinco, cuja importância foi destacada no capítulo II.

Apêndice 7 – Características químicas e físicas do fertilizante de cobertura (9-45-15) e seus respectivos valores garantidos pelo fabricante

	Elemento	Percentual (%)
Macronutrientes	N	9
	P ₂ O ₅	45
	K ₂ O	15
	Mg	0,10
	Elemento	Percentual (%)
Micronutrientes	B	0,0088
	Cu	0,0036
	Fe	0,05
	Mn	0,025
	Mo	0,0009
	Zn	0,0025
Outras características	Índice de salinidade	69%
	Condutividade elétrica	69,3 mS.cm ⁻¹
	Solubilidade em água	390 g.L ⁻¹
	pH	4,42

Fonte: Embalagem do fabricante (Produquímica)

7.2.4 Análise de variância

Apêndice 8 – Análise de variância (quadrado médio) para a Influência do tamanho de recipiente e da adubação de base no crescimento de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos aos 180 dias após o semeio em viveiro, Santa Maria, RS

FV	GL	H	D	H/DC	MSA	MSR	MST	MSA/MSR	IQD	AF
Tubete (T)	1	145,81*	29,72*	0,81 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,31 ^{ns}	779,24 ^{ns}
Doses (D)	3	1205,75*	229,11*	1,80*	5,35*	4,71*	18,93*	1,83*	1,58*	74452,77*
TXD	3	20,77*	3,78*	1,67*	0,25 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,18 ^{ns}	2365,94 ^{ns}
Resíduo	248	5,10	1,07	0,53	0,25	0,32	0,67	0,51	0,09	4191,06
Média	-	10,90	4,65	2,47	1,15	1,44	2,59	0,83	0,80	151,87
CV (%)	-	20,72	22,20	22,20	43,13	43,13	31,62	86,83	37,70	42,63

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Fisher); ^{ns} não significativo; FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; CV = Coeficiente de variação; H = altura; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura/diâmetro do coleto; 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 e AF = área foliar.

7.3 Apêndices capítulo III

7.3.1 Análise de solo

Com base nas propriedades químicas do solo, verificou-se a necessidade de efetuar a aplicação de calcário nesta área a fim de promover a homogeneização do pH do solo para 5,5.

Desta forma, procedeu-se a aplicação deste insumo em área total (130 kg, distribuídos conforme a necessidade de cada bloco, sendo que no bloco 1 aplicou-se 36 kg, no 2 – 5kg, no 3 - 7 kg), no 4 - 41 kg) e no 5 -41kg), incorporando ao solo com o auxílio de um trator e arados, o calcário possuía um PRNT de 75,1%, tendo sido aplicado um mês antes do plantio.

Apêndice 9 – Atributos do subsolo no qual foram abertas covas para o plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS

Bloco	pH água 1:1	MO (%)	Índice SMP	Textura	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCpH7	P mehlich	K
					cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³
1	5,3 ^{B*}	1,3 ^B	6,0	3	5,6 ^A	2,4 ^A	0,5	4,5	12,7 ^M	4,1 ^B	68,0 ^A
2	6,0 ^M	1,5 ^B	6,4	3	7,4 ^A	2,4 ^A	0,0	2,8	12,7 ^M	3,4 ^{MB}	60,0 ^A
3	5,9 ^M	1,3 ^B	6,4	3	6,9 ^A	2,5 ^A	0,0	2,8	12,4 ^M	5,3 ^B	62,0 ^A
4	4,9 ^{MB}	1,6 ^B	5,4	3	3,5 ^M	1,3 ^A	2,0	8,2	13,1 ^M	4,2 ^B	72,0 ^A
5	5,2 ^B	2,0 ^B	5,9	3	5,1 ^A	1,9 ^A	0,7	5,6	13,2 ^M	3,4 ^{MB}	82,0 ^A

*interpretação de valores conforme SBSC/CQFS (2004); B = baixo; MB = muito baixo; M = médio; A = alto; MO = matéria orgânica; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; P = fósforo; K = potássio

7.3.2 Análise do substrato utilizado no preenchimento das covas

De maneira geral, o substrato a base de resíduo de cevada apresentou conforme Kämpf (2005) boas características químicas e físicas, assim verificou-se pH ácido (adequado por possuir matéria orgânica – de 5,0 a 5,8), densidade seca (DS) com valor abaixo do recomendado (650 a 850 kg.m⁻³), porosidade total (PT) próxima a 85%, valor considerado como ideal. Entretanto, o espaço de aeração (EA) ficou abaixo do descrito, o qual deve situar-se entre 20 e 40%, a água facilmente disponível (AFD de 23,39%) está de acordo com o limite que deve ser de 20 a 30%, e a água tamponante (AT) ficou cima do esperado (4 a 10%) (FERMINO, 2003).

Apêndice 10 – Atributos físicos e químicos do substrato comercial a base de resíduo de cevada utilizado no momento do plantio para melhorar a qualidade física e química do solo de preenchimento das covas no plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS

Parâmetros	Unidade	Valores
pH	H ₂ O	4,66
CE	mS.cm ⁻¹	2,03
DU	Kg.m ⁻³	566,52
DS	Kg.m ⁻³	560,12
UA	%	1,13
PT	%	81,05
EA	%	5,83
AFD	%	23,39
AT	%	18,72
AR	%	33,11
CRA (10)	%	75,23
CRA (50)	%	51,83
CRA (100)	%	33,11

PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AR = água remanescente, AD = água disponível que pode ser obtida pela soma de AFD + AT; CRA10, 50 e 100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica -v/v; pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade Atual.

7.3.3 Dados de clima

Apêndice 11 – Dados médios de temperatura (mínima, média e máxima), umidade relativa e precipitação pluviométrica durante plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS

Mês/Ano	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
ago/12	20,1	24,9	15,3	73,6	74,5
set/12	18,7	23,5	13,3	76,4	177,5
out/12	21,5	25,9	16,9	77,7	245,0
nov/12	25,0	30,3	17,6	68,6	72,8
dez/12	26,2	31,5	19,9	76,4	274,9
jan/13	25,3	30,3	18,3	73,9	145,3
fev/13	25,1	29,7	19,3	79,1	97,7
mar/13	21,4	26,2	16,6	81,8	188,6
abr/13	20,5	26,5	14,5	80,8	147,4
mai/13	16,5	21,9	11,3	85,3	71,6
jun/13	14,4	19,1	10,2	88,0	81,6
jul/13	14,2	19,8	9,1	84,8	113,5
ago/13	14,0	18,9	9,1	81,2	163,4

Fonte: Estação Climatológica Principal de Santa Maria, Campus da Universidade Federal de Santa Maria

7.3.4 Área do plantio anexa ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal

Apêndice 12 – Broca perfuratriz acoplada ao trator para a abertura covas (A), Cova aberta (B), Arcos para ancorar a tela de sombreamento (C), Colocação da muda na cova e incorporação substrato comercial a base de resíduo de cevada (D), Colocação da tela de sombreamento (E) das covas do plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS



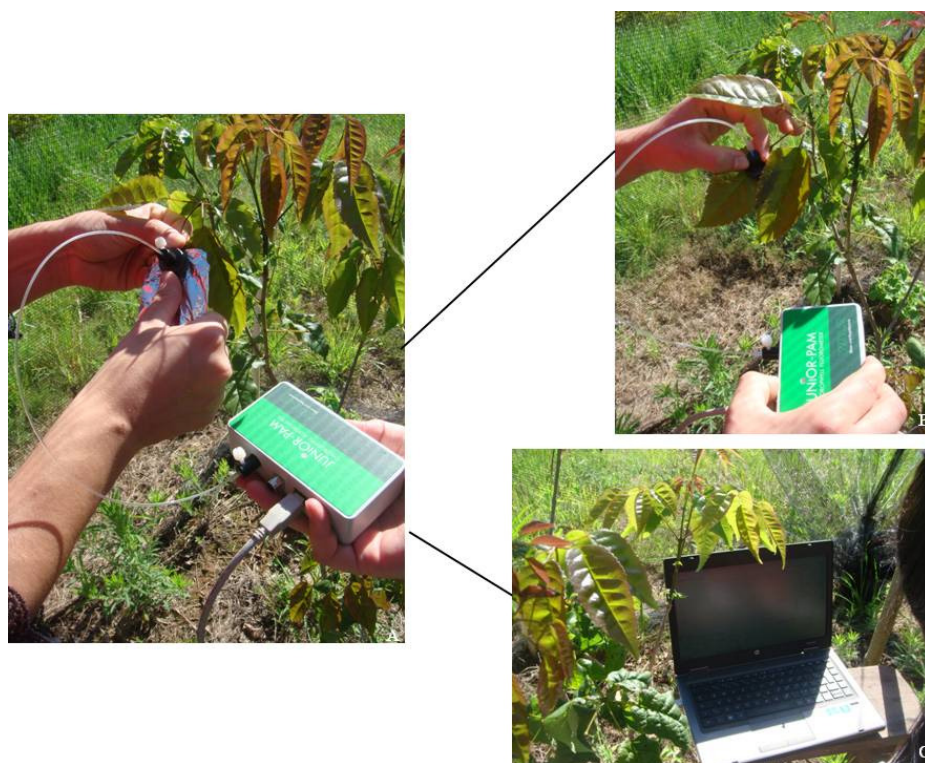
Apêndice 13 – Vista aérea do plantio a campo das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS. Fonte: Google Earth em 2013.



Apêndice 14 – Adubação de base com NPK (5-20-20) em covetas em lados opostos (A), Irrigação por meio de mangueiras microperfurada (B), Cobertura morta (mulching) (C), Detalhe blocos (D) do plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS



Apêndice 15 – Avaliação parâmetros fisiológicos fluorescência inicial (F0) e eficiência fotoquímica máxima (Fv/Fm): Adaptação ao escuro por 30 minutos com papel alumínio (A), Leitura por meio do Fluorômetro Junior Pam® (B), Interface com notebook (C) no plantio a campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS



7.3.5 Análise de variância

Apêndice 16 – Análise de variância (quadrado médio) para a Sobrevivência e crescimento inicial e parâmetros fisiológicos em campo de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes intensidades de sombreamento, Santa Maria, RS

FV	GL	Sobrevivência		H	D	H/DC	Clorofila total	Relação clorofilas a/b	F0	Fv/Fm
		30 dias	360 dias							
Bloco	4	125 ^{ns}	3437,50*	8923,21*	290,46*	36,86*	-	-	-	-
Sombreamento (S)	3	125 ^{ns}	3791,67*	7760,34*	429,16*	19,95*	0,11*	0,11*	48040,15*	0,10*
Tempo (T)	6	-	-	66300,66*	3992,63*	79,42*	0,19*	0,28*	560898,38*	0,22*
SxT	18	-	-	602,07 ^{ns}	100,15*	2,82 ^{ns}	0,34*	0,05 ^{ns}	42631,74*	0,08*
Resíduo	528	125	1343,75*	769,22	41,20	2,44	0,01	0,02	3572,83	0,02
Média	-	98,75	81,25	54,11	13,47	3,87	1,75	2,97	286,75	0,46
CV (%)	-	11,32	45,12	51,25	47,64	40,35	4,91	5,23	20,85	33,34

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Fisher); ns não significativo; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = Coeficiente de variação; H = altura; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura/diâmetro do coleto; a/b= relação clorofila a/clorofila b, F0 = fluorescência inicial; Fv/Fm = eficiência fotoquímica máxima.