



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

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE  
*PINUS TAEDA* L. NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Rodrigo Thomas**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE *PINUS TAEDA* L.  
NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**por**

**Rodrigo Thomas**

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

**Orientador: Prof. Dr. Juarez Martins Hoppe †**  
**Orientador: Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

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

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

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE *PINUS TAEDA* L.  
NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por  
**Rodrigo Thomas**

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

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Mauro Valdir Schumacher, Dr. nat. techn. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Marlove Fátima Brião Muniz, Dra. (UFSM)**

---

**Jorge Orlando Cuéllar Noguera, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 18 de julho de 2007.

Aos meus pais Paulo Roberto e Ligia Maria,  
e às minhas avós Judite e Therezinha,

**Dedico...**

## AGRADECIMENTOS

Quero demonstrar aqui meus sinceros agradecimentos:

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade concedida.

Aos meus pais, às minhas avós, e a toda minha família, que sempre incentivaram meus estudos e estiveram comigo em todas as fases de minha vida.

Ao professor Juarez Martins Hoppe (*in memoriam*) pela grande amizade, força, incentivo, dedicação e orientação.

A Tecnoplanta Florestal Ltda. por acreditar no projeto, pelo apoio e cedência de sua infra-estrutura para o desenvolvimento do trabalho.

Ao técnico do Laboratório de Silvicultura Élio Campanhol pela grande amizade e apoio.

Aos amigos Engenheiros Florestais Franco Quevedo, João Vivian, Darian Girelli, Douglas Lazaretti, Frederico Salamoni, Caroline Moura, Pablo Corroché, Danira Padilha, Tânia Fontana e Luciano Pereira pela ajuda, compreensão, incentivo e amizade demonstrados.

Aos acadêmicos de Engenharia Florestal, Juarez Pedroso e Guilherme Ivanov pela ajuda e amizade.

A Tita, secretária da coordenação do curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal pelo auxílio e amizade.

À CNPq pela bolsa concedida.

À grande amiga Cheryl Susan pela correção da redação deste trabalho.

Ao Luciano Marques e ao Elizandro Carmo pela grande amizade.

A todas aquelas pessoas que, mesmo não mencionadas, mas que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho!

Muito obrigado!

***“Este mundo em que nós vivemos agora  
não nos foi dado de presente pelos nossos pais e avós.  
Ele nos foi emprestado por nossos filhos e netos!”***

Antigo ditado Africano.

## RESUMO

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

### CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE *PINUS TAEDA* L. NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: RODRIGO THOMAS

ORIENTADOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Data e local da Defesa: Santa Maria, 18 de junho de 2007.

O presente estudo teve como objetivos principais analisar o crescimento de mudas de *Pinus taeda* L., por meio de suas variáveis morfológicas, durante o seu ciclo de formação em viveiro; determinar o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas produzidas, além de verificar a concentração de nutrientes na parte aérea das mudas durante o processo de produção. O trabalho foi desenvolvido no viveiro comercial da Tecnoplanta Florestal Ltda., localizada no município de Barra do Ribeiro – RS. O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação por cerca de 60 dias, durante o período de 26 de outubro a 22 de dezembro de 2006. Após este período as mudas foram levadas a pleno sol, onde permaneceram até 26 de abril de 2007. Foram utilizadas 13 telas (5% da produção do dia da empresa) compostas por 1.260 mudas cada uma. O substrato utilizado foi composto por uma mistura entre casca de pinus e turfa. As sementes utilizadas são provenientes da Cambará Westwaco e a semeadura foi realizada mecanicamente em tubetes de polipropileno com capacidade de armazenar 50 cm<sup>3</sup> de substrato, e na cobertura das sementes utilizou-se vermiculita fina. A germinação ocorreu em média 15 dias após a semeadura. Setenta e quatro dias após a semeadura as telas passaram pela operação de alternagem. Foram realizadas fertirrigações duas vezes por semana no período de 46 a 90 dias de idade das mudas, e três vezes por semana de 91 a 180 dias após a semeadura. A cada 45 dias, contados a partir da data de semeadura, foram avaliadas a altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC), relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC), biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR), relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume de raízes e a concentração de nutrientes na parte aérea das mudas. A análise estatística dos dados foi realizada pelo pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 8.2. No final do ciclo de produção observou-se os seguintes valores médios para as variáveis: H=29,0 cm, DC=2,76 mm, H/DC= 10,7, BA= 1,763 g, BR= 0,559 g, BR/BA= 0,3, IQD= 0,17 e volume de raízes=7,31 mL. Também verificou-se que as concentrações de N e P diminuíram com o aumento da idade das mudas. Para os macronutrientes K, Ca, Mg e S houve uma tendência de oscilação, estabilizando suas concentrações a partir dos 90 dias de idade. Os teores de Fe aumentaram com a idade das plantas, supostamente devido a grande concentração deste elemento no substrato e também à presença da vermiculita. Houve aumento nas concentrações de B, Cu, Mn e Zn até 135 dias após a semeadura e redução nestes teores a partir desta idade. Nas condições em que as mudas foram produzidas, conclui-se que: as mudas de *Pinus taeda* L. apresentaram ótimo desenvolvimento considerando um ciclo de formação de 180 dias, e por este motivo podem ser utilizadas como modelo de formação de mudas da espécie no Estado do Rio Grande do Sul, desde que sejam observados os valores das variáveis e índices atingidos no presente estudo; o IQD verificado para as mudas de *Pinus taeda* L. pode ser utilizado como parâmetro de avaliação da qualidade de mudas da referida espécie; as concentrações dos macronutrientes no final do ciclo de formação das mudas refletem a necessidade de realização de adubação de expedição, principalmente com os elementos N e P; os teores dos micronutrientes observados aos 180 dias indicam que não há necessidade de adubação de expedição com os elementos Fe, Mn, B, Zn e Cu; a utilização de um recipiente maior no processo de produção de mudas elevaria a quantidade e o volume de raízes da muda. Para futuras investigações sugere-se: avaliação a campo do crescimento das mudas produzidas para confirmar a validade dos parâmetros e índices avaliados no presente estudo; realização de estudos sobre fertilização adequada de mudas de *Pinus taeda* L., considerando a concentração de nutrientes observada no presente estudo; necessidade de incorporação de fungos micorrízicos ao substrato utilizado, pois a associação simbiótica entre fungos e raízes finas é essencial no processo de absorção e ciclagem de nutrientes, principalmente do elemento P.

PALAVRAS-CHAVE: CRESCIMENTO; NUTRIÇÃO; MUDAS.

## ABSTRACT

Master Degree Dissertation  
Post-graduation Course in Forest Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **GROWTH AND NUTRITION OF SEEDLINGS OF *PINUS TAEDA* L. IN THE STATE OF THE RIO GRANDE DO SUL**

AUTHOR: RODRIGO THOMAS

ADVISOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Date and local of the defense: Santa Maria, July 18, 2007.

The present study had as objective main to analyze the growth of seedlings of *Pinus taeda* L., by means of its morphologic variable, during its cycle of formation in fishery; to determine the Index of Quality of Dickson (IQD) of the produced changes; beyond verifying the concentration of nutrients in the aerial part of the seedlings during the production process. The work was developed in the commercial fishery of the Tecnoplanta Florestal Ltda., located in the city of Barra do Ribeiro - RS. The experiment was installed and lead in house of vegetation for about 60 days, during the period of 26 of October the 22 of December of 2006. After this period the seedlings had been taken the full sun, where they had remained up to 26 of April of 2007. Thirteen screens (5% of the production of the day of the company) composed for 1.260 seedlings had been used each one. The used substrate was composed for a mixture between rind of pinus and turf. The used seeds are proceeding from the Cambará Westwaco and the sowing was carried through mecanicly in containers of polypropylene with capacity to store 50 cm<sup>3</sup> of substrate, and in the covering of the seeds it was used fine vermiculite. The germination on average occurred 15 days after the sowing. Seventy and four days the sowing the screens had after passed for the alternate operation. Two times per week in the period of 46 had been carried through fertirrigation the 90 days of age of the seedlings, and three times per week of 91 the 180 days after the sowing. To each 45 days, counted from the date of sowing, had been evaluated the height of the aerial part (H), col diameter (DC), relation height of the aerial part/col diameter (H/DC), aerial biomass (BA), root biomass (BR), relation root biomass /aerial biomass (BR/BA), index of quality of Dickon (IQD), root volume and the concentration of nutrients in the aerial part of the seedlings. The analysis statistics of the data was carried through by the statistical package SAS (Statistical Analysis System) version 8.2. In the end of the production cycle one observed the following average values for the variable: H=29,0 cm, DC=2,76 mm, H/DC= 10,7, BA= 1,763 g, BR=0,559 g, BR/BA= 0,3, IQD= 0,17and root volume= 7,31 mL. Also it was verified that the concentrations of N and P had diminished with the increase of the age of the seedlings. For macronutrients K, Ca, Mg and S had an oscillation trend, stabilizing its concentrations from the 90 days of age. The texts of Fe had increased with the age of the plants, supposedly had the great concentration of this element in the substrate and also to the vermiculite presence. It had increase in the concentrations of B, Cu, Mn and Zn up to 135 days after the sowing and reduction in these texts from this age. In the conditions where the seedlings had been produced, one concludes that: the seedlings of *Pinus taeda* L. had presented excellent development considering a cycle of formation of 180 days, and for this reason they can be used as model of formation of seedlings of the species in the State of the Rio Grande do Sul, since that the values of the variable and index reached in the present study are observed; the IQD verified for the seedlings of *Pinus taeda* L. can be used as parameter of evaluation of the quality of seedlings of the related species; the concentrations of the macronutrients in the end of the cycle of formation of the seedlings reflect the necessity of accomplishment of fertilization of expedition, mainly with elements N and P; the concentration of the micronutrients observed to the 180 days indicate that it does not have necessity of fertilization of expedition with the elements Fe, Mn, B, Zn and Cu; the use of a bigger container in the process of production of seedlings would raise the amount and the root volume of the dumb one. For future inquiries it is suggested: evaluation the field of the growth of the produced seedlings to confirm the validity of the parameters and index evaluated in the present study; accomplishment of studies on adequate fertilization of seedlings of *Pinus taeda* L., considering the concentration of nutrients observed in the present study; necessity of incorporation of fungi to the used substrate, therefore the symbiosis association between fungi and fine roots is essential in the process of absorption and nutrients cycle, mainly of element P.

KEY-WORDS: GROWTH; NUTRITION; SEEDLINGS.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Crescimento em altura da parte aérea das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.....                                   | 33 |
| Figura 2 – Crescimento em diâmetro de colo das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.....  | 34 |
| Figura 3 – Relação altura da parte aérea / diâmetro de colo das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007.....                         | 35 |
| Figura 4 – Biomassa seca aérea produzida por mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007. ....   | 36 |
| Figura 5 – Biomassa seca radicular produzida por mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.....                                      | 37 |
| Figura 6 – Relação biomassa seca radicular / biomassa seca aérea (BSR/BSA) obtido por mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007..... | 38 |
| Figura 7 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) obtido para mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007. ....                          | 39 |
| Figura 8 – Volume de raízes formadas nas mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.....  | 41 |
| Figura 9 – Concentrações médias de macronutrientes na parte aérea das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007. ....                  | 43 |
| Figura 10 – Concentrações médias de micronutrientes na parte aérea das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007.....                  | 45 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Laudo de caracterização química do substrato utilizado. Santa Maria – RS. 2007. ....   | 28 |
| Quadro 2 - Laudo de caracterização física do substrato utilizado, onde: DS: densidade básica; PT: porosidade total; MACP: macroporosidade; MICP: microporosidade; EA: espaço de aeração; AD: água disponível; CRA: capacidade de retenção de água. Santa Maria – RS. 2007. .... | 28 |
| Quadro 3 – Faixas de teores de macronutrientes e micronutrientes considerados adequados na fase de crescimento para mudas de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>Hondurensis</i> . Fonte: Adaptado de Higashi et al. (2003). Santa Maria – RS. 2007. ....                             | 29 |

## LISTA DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo A – Aspecto das parcelas identificadas com placas de coloração vermelho e branco, após a alternagem das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007. ....   | 57 |
| Anexo B – Seqüência de operações realizadas no semeio de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007.....  | 58 |
| Anexo C – Aspecto da alternagem (passagem das mudas das telas para os aramados com aumento do espaçamento entre as mesmas. Santa Maria – RS. 2007. ....   | 59 |
| Anexo D – Aspecto das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007. ....   | 60 |
| Anexo E – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para as variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC) das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007.....               | 61 |
| Anexo F – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para as variáveis dependentes Biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR) e relação biomassa seca radicular / biomassa seca aérea (BR/BA) das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007..... | 62 |
| Anexo G – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007 .....  | 63 |
| Anexo H – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para a variável dependente volume de raízes das mudas de <i>Pinus taeda</i> L. Santa Maria – RS. 2007.....  | 64 |

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE ANEXOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.</b>   | <b>13</b> |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>   | <b>16</b> |
| 2.1 O gênero <i>Pinus</i> e a importância do reflorestamento.   | 16        |
| 2.2 Qualidade de mudas e atributos morfofisiológicos.   | 18        |
| 2.3 Fertilização mineral e diagnóstico do estado nutricional das plantas.   | 22        |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>  | <b>26</b> |
| 3.1 Localização da área experimental.   | 26        |
| 3.2 Planejamento experimental.  | 26        |
| 3.3 Manejo do experimento.  | 27        |
| 3.4 Variáveis observadas.   | 30        |
| 3.5 Análise dos dados.  | 31        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | <b>32</b> |
| 4.1 Crescimento das mudas de <i>Pinus taeda</i> L.  | 32        |
| 4.1.1 Altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC). | 32        |
| 4.1.2 Biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR) e relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA).         | 36        |
| 4.1.3 Índice de qualidade de Dickson (IQD).   | 39        |
| 4.1.4 Volume de raízes.   | 40        |
| 4.2 Nutrição das mudas de <i>Pinus taeda</i> L em função da idade.  | 41        |
| <b>5. CONCLUSÕES.</b>   | <b>47</b> |
| <b>6. RECOMENDAÇÕES.</b>  | <b>48</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>   | <b>49</b> |
| <b>ANEXOS.</b>  | <b>56</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A natureza tem diversos e importantes aliados em seu trabalho de recomposição das florestas. Mesmo assim, por ser um trabalho lento e gradual, muitos agentes dão a sua contribuição para o restabelecimento da vegetação, como o vento, os animais, além das próprias plantas que fornecem as sementes.

Proprietário de uma das mais importantes áreas com florestas do planeta e lar de uma infinidade de espécies, o Brasil é caracterizado por ser um território dotado de grandes riquezas naturais, tornando o extrativismo um lucrativo negócio para os exploradores.

Historicamente, o mais conhecido produto que sofreu grande exploração foi o pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), espécie de ampla dispersão pelo centro-norte brasileiro no período colonial, e considerado o primeiro exemplo de uso múltiplo de produtos florestais.

Com a exploração indiscriminada das nossas matas ocorrida durante vários séculos sem que houvesse uma preocupação com a preservação e conservação dos recursos existentes, buscou-se alternativas para amenizar as perdas ambientais, destacando-se a utilização de espécies conhecidas como exóticas para reduzir a pressão sobre as espécies nativas. O surgimento de um mercado consumidor preocupado com a produção sustentada e a manutenção da biodiversidade acentuou essa tendência.

Além disso, as restrições legais e os impedimentos burocráticos cresceram de tal forma, que tornaram o processo de uso e consumo de madeira oriunda de florestas naturais bastante proibitivos.

Entretanto, o consumo de madeira e seus derivados, em crescente expansão, conduz à busca de novas tecnologias como alternativa para o estabelecimento de florestas cada vez mais produtivas (LOPES, 2005).

Atualmente, o avanço tecnológico da silvicultura no Brasil, alcançado graças às pesquisas científicas realizadas nessa área, deslocou o eixo da exploração madeireira das florestas nativas para as florestas plantadas, transformadas em fontes de suprimento sustentável de matéria-prima e insumo energético para a indústria consumidora, reduzindo, ao mesmo tempo, a demanda por novas áreas para reflorestamento em decorrência do aumento obtido na produtividade, com incremento médio anual três vezes maior que no passado (CARVALHO, 2005).

Entre as espécies exóticas que foram implantadas, encontram-se as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* que, segundo dados apresentados pelo Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul -BRDE- (2003) em análise econômica sobre o florestamento na região Sul, até o ano 2000, o Estado do Rio Grande do Sul compreendia 252.700 hectares de florestas plantadas com espécies destes dois gêneros.

De acordo com dados do Inventário Florestal Contínuo (2000), o Rio Grande do Sul compreendia 153.583 hectares de florestas de *Pinus* sp, representando cerca de 56% das florestas plantadas no Estado, incluindo as florestas de *Eucalyptus* sp., *Acacia mearnsii*, entre outras.

As florestas plantadas com espécies exóticas são de ciclo curto, 100% renováveis, tecnologicamente adequadas a diversas aplicações e, ao mesmo tempo, ajudam a amenizar a pressão sobre as florestas naturais, e ainda aceleram o “seqüestro” e estocagem ativa de carbono responsável pelo efeito estufa.

O sul do Brasil constitui a área florestal mais expressiva ocupada por espécies exóticas, representadas, entre outras, pelo gênero *Pinus*, cuja implantação maciça deu-se a partir da década de sessenta, apoiada na política de incentivos fiscais.

As espécies do gênero *Pinus* vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Inicialmente, foram introduzidas espécies européias e dos Estados Unidos para fins ornamentais. Posteriormente, foram buscadas espécies para fins silviculturais, visando à produção de celulose, papel e madeira serrada. Ao longo de décadas de ensaios de espécies e testes de procedências, ficaram bem definidas as mais apropriadas para produção de madeira em cada região bioclimática. Segundo dados de Ambiente Brasil (2006), referentes ao ano 2000, existiam mais de 1,8 milhão de hectares plantados com *Pinus*, dos quais, mais da metade (57,6%) nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Alavancada pelo avanço tecnológico da silvicultura brasileira, a produção de mudas de espécies de rápido crescimento também se obrigou a seguir essa tendência, experimentando progressos significativos principalmente nas últimas duas décadas (STURION e ANTUNES, 2000).

Para Ribeiro et al. (2001, p. 10), o sucesso de um empreendimento florestal depende da escolha da espécie, de acordo com o uso a ser dado à floresta, da procedência da semente e, principalmente, das mudas levadas para o campo, as quais, além de resistirem às condições adversas lá encontradas, devem ser capazes de se desenvolver, expressando todo o seu potencial de crescimento.

Gonçalves e Poggiani (1996) comentam que a produção de mudas florestais, tanto em quantidade como em qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de povoamentos florestais, tendo importantes reflexos sobre a produtividade desses povoamentos.

No Rio Grande do Sul, a produção de mudas de espécies florestais, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, apresenta-se largamente explorada para o abastecimento de um crescente mercado de pequenos e grandes reflorestadores.

Tedesco (1999, p. 1) relata:

Atualmente, a necessidade de buscar alternativas para um crescimento adequado de espécies florestais, torna-se um desafio para a ciência, principalmente no que se refere aos fatores de desenvolvimento inicial.

Nesse âmbito, muito já se descobriu. Porém, ainda há necessidade de se fixar parâmetros de qualidade às mudas, uma vez que, para os reflorestadores, a seleção de mudas com alta qualidade permite maior controle sobre a qualidade do material propagado, dimensões da planta e também da época de plantio no campo, fatores que influenciam diretamente na sobrevivência pós-plantio das mudas (FINGER et al., 2003).

Além do mais, o somatório de vários fatores é que irá determinar o êxito do empreendimento florestal, e estes fatores devem ser considerados desde a fase de produção de mudas.

Em vista do exposto, o presente estudo teve como objetivos analisar o crescimento de mudas de *Pinus taeda* L., por meio de suas variáveis morfológicas, durante o seu ciclo de formação em viveiro, além de determinar o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas produzidas e verificar a concentração de nutrientes na parte aérea de mudas de *Pinus taeda* L. durante o processo de produção dessas mudas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O gênero *Pinus* e a importância do reflorestamento

O Gênero *Pinus* pertence ao Reino Plantae, Divisão Pinophyta, Classe Pinopsida, Ordem Pinales e Família Pinaceae, que encerra as mais importantes espécies florestais da Europa, Canadá e parte dos Estados Unidos.

São plantas de clima temperado, árvores em geral de forma cônica podendo fornecer madeira dura ou mole. Apresentam cerca de 200 espécies fornecedoras de madeira, matéria-prima para papel, resina e vários outros produtos (JOLY, 1979).

Nos Estados do Sul, quase todos os plantios de pinus são das espécies *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* var. *elliotti* e *Pinus patula*.

O *Pinus taeda* L. é oriundo das planícies adjacentes ao Golfo do México e costa atlântica do sudeste dos Estados Unidos, e cresce até uma altura de 800 metros. Apresenta distribuição mais ampla que o *Pinus elliottii*, alcançando o Texas, Arkansas, Tennessee e Virgínia. Também é conhecido como “Loblolly pine” (MARCHIORI, 2005).

A espécie *Pinus taeda* L. foi introduzida no Brasil em 1948, pelo Serviço Florestal do Estado de São Paulo, atualmente Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que importou as coníferas exóticas da região sudeste dos Estados Unidos com objetivo de fomentar programas florestais nesse Estado (SHIMIZU, 2005), disseminando-se, inicialmente, para os Estados do Sul e, posteriormente, para todo o país.

Marchiori (2005) menciona que se trata da espécie madeireira mais importante dos Estados Unidos, e é cultivado no sul do Brasil, sobretudo nas terras mais altas da Serra Gaúcha e Planalto Catarinense.

Possui tronco com casca marrom-avermelhado, fendida com cristas escamosas. Ramos novos azulados, depois marrom-amarelados com muitas cristas. Acículas em número de três por fascículo, rijas, finas, agudas, com margens finamente dentadas, torcidas, persistentes por vários anos (LORENZI et al., 2003).



De acordo com Marchiori (2005), os cones masculinos são cilíndricos e amarelados, enquanto que os cones femininos são ovado-oblongos, medindo entre 6 e 12 centímetros de comprimento.

A multiplicação dá-se pelas sementes de pequeno tamanho (cerca de 5 mm com asas de até 25 mm) (MARCHIORI, 2005) e que apresentam abundante produção em nossas condições (LORENZI et al., 2003).

A espécie assemelha-se ao *Pinus elliottii*, porém, difere em vários aspectos como: possui acículas mais curtas e de cor mais escura, apresenta secção transversal triangular e cones praticamente sésseis, tendentes à cor acinzentada (MARCHIORI, 2005).

A madeira do *Pinus taeda* possui alburno amarelo, utilizada na construção de barcos, postes, dormentes e construção civil (LORENZI et al., 2003). Ainda serve para móveis e caixotaria; apresenta fibras longas e adequadas à fabricação de papel, além de produzir bastante resina (MARCHIORI, 2005).

Segundo Lorenzi et al. (2003), a espécie é tolerante a terrenos úmidos. É heliófila, de rápido crescimento e que apresenta elevada concorrência com gramíneas. Alcançam mais de 20 metros de altura e até 100 cm de diâmetro à altura do peito, formando copa densa (MARCHIORI, 2005).

De acordo com Ambiente Brasil (2006), o *Pinus taeda* L. foi o principal destaque nos plantios na região do planalto do Sul e Sudeste. De acordo com Reissmann (2003), são nestas regiões que a espécie apresenta maior crescimento e produtividade de madeira, acrescentando o fato de que seja cultivado em solos bem drenados, mesmo em locais sujeitos à ocorrência de geadas, desde que não haja déficit hídrico.

A floresta natural e plantada é um importante patrimônio nacional que proporciona um significativo benefício social, econômico e ambiental ao país (FERREIRA e GALVÃO, 2000).

O estabelecimento de plantações florestais na pequena propriedade rural é uma excelente forma de se utilizar a terra, propiciando diversos benefícios diretos e indiretos. Entre eles estão a produção de madeira para uso na propriedade; criação de uma “poupança verde”; melhor aproveitamento da terra; proteção dos solos, mananciais e cursos d’água; proteção das culturas agrícolas e do gado contra o vento; aumento da oferta regional de madeira; diminuição da pressão sobre as florestas naturais, para a produção de madeira; otimização da mão-de-obra familiar ou contratada (AHRENS, 2003).

Para Galvão (2000), o reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais é de interesse público, uma vez que, além de representar uma importante fonte de renda, contribui

para evitar o êxodo rural e o desemprego. Aliado a isso, possibilita, ainda, inúmeros benefícios ambientais.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS (2006), são as florestas sociais que geram circulação de riquezas, desconcentração fundiária, multiplicação de oportunidades e sustentabilidade da atividade florestal, sendo parcela considerável desses plantios realizada por produtores rurais, via fomento. A mesma entidade reitera que florestas plantadas por empresas, por produtores rurais e mesmo por órgãos governamentais geram cadeias de negócios em seu entorno. Pequenos e médios empreendedores se beneficiam com indústrias de transformação e de artesanatos, agregando grande número de trabalhadores, contribuindo para a inclusão social, diversificação de negócios e geração de renda.

Além disso, evitar o desmatamento irracional e atender à demanda por produtos de origem florestal, tornou-se um dos maiores desafios para o País.

As florestas plantadas geram emprego e renda no campo e nas cidades, e contribuem para a conservação e preservação de ecossistemas. Cerca de 2,8 milhões de hectares de formações nativas têm sua proteção diretamente vinculada às plantações florestais, na forma de áreas de preservação permanente e de reserva legal, nas propriedades com plantações florestais (SBS, 2001).

## **2.2. Qualidade de mudas e atributos morfofisiológicos**

Atualmente, para atender à crescente demanda de madeira com características tecnológicas exigidas para os diversos usos, os plantios florestais têm-se expandido e, em função disso, tem havido um aumento muito significativo na demanda por mudas.

A tarefa para suprir esse mercado tem exigido muitos esforços dos pesquisadores da área florestal para definir as técnicas e os métodos mais adequados para a produção de mudas com alto padrão de qualidade, a fim de garantir alta percentagem de sobrevivência das mudas no campo, dando subsídios para que elas expressem todo o seu potencial de crescimento. Assim, torna-se possível justificar a implantação de um povoamento de acordo com o objetivo da floresta.

Desta forma, o controle de qualidade das mudas já não é mais uma mera estratégia de “marketing” para os viveiros produtores de mudas florestais, mas uma exigência do mercado atual ao qual o produtor deve se adequar, uma vez que os problemas relacionados com a

produção das mudas, ainda no viveiro, têm sido uma das principais causas da sua mortalidade no campo nos primeiros anos da implantação, podendo representar 15% nos dois primeiros anos e 20% até os sete anos (FREITAS e KLEIN, 1993).

Na busca de melhores produtividades nos plantios florestais, a qualidade das mudas tem sido intensamente pesquisada, na intenção de se estabelecer dados que indiquem os melhores recipientes, substratos e adubações que proporcionem a qualidade almejada (VITORINO et al., 1996).

Para se diagnosticar como as plantas estão reagindo a determinadas alterações, sejam elas relacionadas à temperatura, luz, adubação, substrato, entre outras, são realizadas mensurações de variáveis como altura, diâmetro de colo e biomassa seca, que permitem fazermos conjecturas sobre o comportamento da muda nas condições em que esta se encontra submetida, sugerindo o quanto estes fatores estão influenciando no crescimento das plântulas (ALMEIDA, 2005).

Segundo Johnson e Cline (1991 apud JOSÉ, 2003, p. 7), qualidade de mudas também pode ser definida como “a habilidade à sobrevivência em uma condição de prolongado estresse ambiental, com crescimento vigoroso após o plantio”.

Farias (2006) menciona que o padrão de muda possui influência direta no estabelecimento do povoamento, destacando ainda o fato da redução ao mínimo dos tratos culturais concernentes ao plantio e pós-plantio, tais como replante, capinas e coroamento.

Alguns critérios para a classificação das mudas são apresentados por Carneiro (1983 apud CARNEIRO, 1995, p.57), e se baseiam em aumentar o percentual de sobrevivência das mudas após o plantio e diminuir a frequência dos tratos culturais de manutenção dos povoamentos. Acrescenta-se a essas proposições, o potencial genético, as condições fitossanitárias e a conformação do sistema radicular, que também são importantes para a manutenção da produtividade da floresta (GOMES e PAIVA, 2004).

Balloni et al. (1980) enfatizam que a qualidade das mudas é determinante na padronização, na uniformidade e no vigor de crescimento dos povoamentos florestais.

As mudas podem ser classificadas de acordo com as suas características internas e quanto à sua forma externa, sendo essa mais utilizada pela facilidade que oferece, e são influenciadas pelas técnicas de manejo e processo de produção de mudas (STURION e ANTUNES, 2000; GOMES et al., 2002).

A qualidade morfológica e a fisiológica das mudas estão amarradas à carga genética e à procedência das sementes, bem como das condições ambientais, dos métodos e técnicas de

produção, das estruturas e equipamentos utilizados, além do tipo de transporte dessas para o campo (PARVIAINEN, 1981).

Carneiro (1995) e Gomes e Paiva (2004) indicam que sejam utilizados os parâmetros conhecidos como fisiológicos e morfológicos na determinação da qualidade das mudas de espécies florestais, reconhecidas como aptas para o plantio. Os fisiológicos referem-se ao estado nutricional, capacidade de absorção de água, variações nos tecidos de reserva, potencial de regeneração de raízes, entre outros. Em contrapartida, os parâmetros morfológicos são os mais utilizados devido à praticidade e facilidade de aquisição.

Todavia, os parâmetros fisiológicos, além de serem de difícil obtenção, especialmente nos viveiros florestais, não fornecerem informações claras e reais a respeito da capacidade de sobrevivência e de crescimento das mudas após o plantio (GOMES e PAIVA, 2004).

Para Sturion e Antunes (2000), as características morfológicas que auxiliam na classificação das mudas produzidas em viveiros são: a altura da parte aérea, a relação entre as partes aérea e subterrânea, o peso de matéria seca e verde, o total das partes aérea e subterrânea e rigidez da haste. Gomes e Paiva (2004) complementam com os parâmetros diâmetro do coleto, peso de matéria seca total, peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes, capacidade de enraizamento (peso e comprimento das raízes), capacidade de assimilação (ramificação, formação das folhas) e, segundo Schmidt-Vogt (1966 apud CARNEIRO, 1995, p. 60), o comprimento de acículas e de raízes.

South et al. (1985), pesquisando um plantio de *Pinus taeda* de 13 anos de idade, constataram que mudas com diâmetro de colo superiores a 4,7 mm apresentaram maiores índices de sobrevivência, crescimento em altura e incremento em volume.

Estes parâmetros e os índices resultantes das relações entre os parâmetros morfológicos podem ser utilizados isoladamente ou conjuntamente para a determinação da qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2004).

Entretanto, Sturion e Antunes (2000) e Daniel (2005) são categóricos em afirmar que nenhum atributo deve ser usado como critério único para determinar qualidade de muda, uma vez que há dependência entre eles, embora o diâmetro de colo vem sido reconhecido como um dos melhores indicadores de padrão de qualidade.

Segundo Carneiro (1995), é imperiosa a necessidade de se dar maior atenção ao sistema radicular das mudas, conjuntamente aos parâmetros morfológicos. Assim, pode-se prever um melhor desempenho das mudas no campo. O autor complementa, destacando que, no complexo ambiente solo-água-planta, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza fisiológica das mudas.

Daniel et al. (1997) mencionam que, em geral, o parâmetro diâmetro de colo é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo. Essa também é a opinião de Sturion e Antunes (2000), Scalon et al. (2002), Thomas et al. (2003) e Hoppe et al. (2003).

Carneiro (1995), em experimento com mudas de *Pinus taeda* L., confirma a validade desse parâmetro como elemento de classificação morfológica das mudas.

Outrossim, diversas características, sejam morfológicas ou fisiológicas, podem vir a ser manuseadas no viveiro em vista a alcançar melhores resultados no campo.

José (2003) relaciona alguns fatores que afetam a qualidade de mudas de espécies florestais mediante operações de cultivo: irrigação, fertilização, repicagem, transplante, sombreamento, espaçamento de cultivo, micorrização, podas, sombreamento, aclimatação, seleção, extração dos recipientes, transporte, armazenamento e manejo.

Thompson (1985) menciona que classificar mudas pela altura da parte aérea e diâmetro do colo é uma prática em viveiros que permite selecionar lotes quanto à qualidade das mudas.

Sobre a classificação de mudas em padrões de qualidade, Carneiro (1995, p. 152) relata o seguinte:

É de conhecimento geral que, em virtude das diversas condições ambientais de diferentes sítios, os métodos de produção e os parâmetros de qualidade das mudas diferenciam-se entre regiões. Assim, é desejável que sejam estabelecidas distintas classificações entre regiões de condições edafoclimáticas diferentes.

Contudo, existem alguns indicadores para a determinação da qualidade da muda. O índice de qualidade de Dickson (IQD) é um deles, e leva em consideração as relações entre os parâmetros morfológicos.

Este índice, segundo José (2003), tem sido usado por diversos pesquisadores na avaliação da qualidade de mudas, justamente por agrupar a maior quantidade de atributos da muda.

Segundo Johnson e Cline (1991 apud GOMES e PAIVA, 2004 p. 101), o índice de qualidade de Dickson é importante, pois leva em consideração para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando vários parâmetros considerados relevantes. É considerado um bom indicador de qualidade das mudas.

Após adotar o IQD para avaliar a qualidade de mudas, Ritchie e Dunlap (1980) obtiveram sucesso no transplântio de mudas de *Pseudotsuga meliziesii* var. glauca (Beissn.) Franco selecionadas de diferentes lotes.

O IQD foi utilizado por Roller (1976, apud ROSSI, 2005, p. 10) para diferenciar mudas quanto à qualidade.

Com base em trabalhos de pesquisa em mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*, Gomes e Paiva (2004) estabelecem um valor mínimo de 0,20 para esse índice, sendo um bom indicador da qualidade das mudas dessas espécies.

Além da observação de todos estes parâmetros e índices, Silveira (2007) ressalta a importância de o viveirista tomar outros cuidados para a obtenção de mudas de qualidade, tais como o manejo da irrigação, poda de raízes e parte aérea, controle fitossanitário e adubação.

### **2.3. Fertilização mineral e diagnóstico do estado nutricional das plantas**

A Lei do Mínimo, proposta pelo cientista alemão Justus Liebig ainda no século XIX, relata que todos os elementos minerais têm o mesmo valor para a vida da planta, bastando que falte um para impedir que a planta se desenvolva, e que o mesmo acontecerá se o elemento faltante for repostado.

Com base nessa premissa, a fertilização mineral em espécies florestais é uma prática necessária desde a fase de muda até a fase de estabelecimento do vegetal no campo, haja vista que oferece subsídios para a planta melhor explorar o solo e produzir de forma que atinja os níveis esperados.

Essa prática é importante, sobretudo, quando os recipientes utilizados na formação das mudas são os tubetes, uma vez que possuem pequenas dimensões, tornando, conseqüentemente, igualmente pequenas as reservas de nutrientes, além de o processo de lixiviação ser intenso.

Alfenas et al. (2004) mencionam que é fundamental garantir o equilíbrio nutricional das mudas em formação.

Já Carneiro (1995), aponta para o fato de que mesmo que os sintomas de deficiência não sejam visíveis, os viveiristas devem sempre se preocupar com o estado nutricional da mudas, e complementa:

As exigências nutricionais podem ser definidas como as quantidades mínimas de nutrientes que as mudas metabolizam para obter as dimensões morfológicas e as condições fisiológicas desejadas. Estas exigências podem variar em conformidade com as diferentes fases do desenvolvimento das mudas, ao longo da rotação da espécie no viveiro (Ibid., p. 305).

A demanda por nutrientes varia de acordo com a espécie, estação climática e estágio de crescimento das plantas (FURTINI NETO et al., 2001).

Chichorro e Rezende (1998) definiram o fertilizante como um fator de produção que fornece os nutrientes minerais de que as plantas necessitam para viver e crescer. Os mesmos autores complementam que a sua aplicação apresenta resposta imediata, na maioria das vezes.

Para Valeri e Corradini (2000), somente com a prática da fertilização mineral as mudas apresentarão as qualidades necessárias para suportarem as condições de adversidade que encontrarão no campo após o plantio.

A fertilização dos substratos de crescimento das mudas de espécies florestais mostra-se como um dos principais responsáveis pela obtenção de maiores níveis de produtividade no processo de produção, dentre outros fatores de natureza silvicultural, segundo Neves et al. (1990).

Em contrapartida, para os mesmos autores, mudas desenvolvidas em diversos tipos de substratos como vermiculita, turfa, casca de eucalipto, serragens, moinha de carvão e outros, misturados ou não entre eles sofrem a contribuição de vários fatores para apresentarem problemas nutricionais, destacando-se as carências, excessos e desequilíbrios inerentes aos substratos.

Carneiro (1995) comenta que para mudas que apresentam adequado teor nutricional supõem-se um bom desenvolvimento e uma boa formação de sistema radicial.

Daniel et al. (1997) afirma que para a obtenção de mudas de qualidade normalmente faz-se necessário o uso de fertilizantes químicos.

No entanto, a nutrição mineral inadequada, usualmente, resulta em um menor desenvolvimento das mudas, antes que os sintomas de deficiências tornem-se evidentes (CARNEIRO, 1995 pág. 274).

De acordo com Barros e Comerford (2002), o uso racional de fertilizantes tem sido uma preocupação freqüente tanto nas atividades agrícolas como nas florestais.

Carneiro (1995) também menciona que o grau de infecção por fungos micorrízicos, os quais são indispensáveis para um bom desenvolvimento das mudas, está associado ao estado nutricional delas.

Por isso, é importante o desenvolvimento de estudos que levem em consideração os teores corretos de nutrientes que devem ser adicionados aos substratos, para que não ocorram perdas durante o processo de produção das mudas, uma vez que, além de prejudicar a formação de micorrizas, quantidades excessivas de nutrientes também provocam desequilibrado desenvolvimento das mudas (CARNEIRO, 1995).

Segundo Malavolta et al. (1989, p. 2), um elemento é considerado essencial quando satisfaz dois critérios de essencialidade, o direto e o indireto. Direto: o elemento participa de algum composto ou de alguma reação, sem o qual ou sem a qual a planta não vive. Indireto: na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo de vida; o elemento não pode ser substituído por nenhum outro; tem efeito direto na vida da planta, sua ação não consistindo da anulação de condições físicas, químicas ou biológicas desfavoráveis presentes no substrato.

Nesse contexto, a prática de fertilização mineral, além de se constituir num fator indispensável para o desenvolvimento das mudas, acelera consideravelmente o crescimento, reduzindo os custos de produção.

A eficiência das adubações, principalmente daquelas realizadas em cobertura, depende basicamente das doses e fontes dos adubos utilizados, da capacidade de troca catiônica e das características físicas do substrato (SGARBI et al., 1999).

Já no início da década de setenta, Simões et al. (1971), trabalhando com adubação mineral na formação de mudas de eucalipto, concluía que o tratamento mais interessante pela eficiência e praticidade foi o emprego de fertilizantes minerais NPK em mistura ao solo antes da semeadura, o que permitiu a produção de mudas em um período de 60 dias. Também concluiu que é possível substituir o emprego de solo de mata por solo arenoso e pobre na produção de mudas de eucalipto, desde que se proceda à fertilização mineral.

Higashi e Silveira (2005) salientam que as informações acerca da adubação e nutrição de *Pinus* na fase de formação de mudas são escassas, ainda carecendo de subsídios básicos como concentração e conteúdo de nutrientes nas mudas.

No início da década de oitenta, Haag (1983) comentava que o uso de fertilizantes vinha incentivando a pesquisa na área de nutrição, particularmente a análise de tecidos para fins de diagnóstico da avaliação do estado nutricional das plantas.

De acordo com Malavolta (1997), a diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em períodos da vida da planta. Raij (1991, p. 119) complementa que a premissa da diagnose foliar é a existência de relação significativa entre o suprimento de nutrientes e os níveis de elementos nas folhas e que isso, por sua vez, estaria associado às produções.



Essas avaliações são realizadas nas folhas porque estas são os órgãos que melhor refletem o estado nutricional da planta como um todo, respondendo a qualquer variação de determinado nutriente no meio em que a planta está sendo cultivada.

Silveira et al. (2000) comenta que um dos principais fundamentos da diagnose foliar parte do princípio de que é nas folhas que ocorre a maioria dos processos fisiológicos e metabólicos, e que seu conteúdo mineral deve estar sempre relacionado com o desenvolvimento e aumento da produção.

Análise foliar ou química significa a determinação em laboratório da composição mineral de amostras de partes da planta coletadas em determinado estágio de crescimento, lançando-se mão de técnicas adequadas para tal (FONTES, 2001).

Esta composição mineral, ou reserva de nutrientes das mudas, é importante para o seu incremento após o plantio, além da sua sobrevivência e resistência ao ataque de pragas e doenças.

Entretanto, ainda são poucos os trabalhos que determinam os teores ideais ou adequados de cada nutriente que devem estar presentes nas plantas em cada fase de seu desenvolvimento. De posse destas informações, seria possível interpretar o resultado de uma análise foliar e, caso necessário, proceder a uma adubação de cobertura mais eficiente.

Interpretar o resultado da análise foliar significa comparar o valor da concentração de cada nutriente na amostra analisada com a concentração considerada padrão ou ótima (FONTES, 2001).

Silveira et al. (2003) relata que os estudos visando a quantificar a concentração e acúmulo de nutrientes nos tecidos vegetais das mudas em diferentes idades são importantes para a determinação da dose e a relação adequada dos nutrientes a ser aplicada nas adubações de cobertura, nos diferentes estágios de desenvolvimento da muda.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização da área experimental**

A presente pesquisa foi desenvolvida no viveiro comercial da Tecnoplanta Florestal Ltda., estabelecida no Município de Barra do Ribeiro – RS.

Barra do Ribeiro localiza-se na região leste do Estado do Rio Grande do Sul, conhecida como Planície Costeira, e está situada geograficamente a uma altitude de 5 metros, latitude de 30°17'28" Sul e longitude de 51°18'04" Oeste.

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Cfa” (subtropical úmido) caracterizado por temperatura média anual de 19,3° C com precipitação média anual de 1.322 mm com chuvas em todos os meses (MORENO, 1961).

A Tecnoplanta Florestal Ltda. foi fundada em setembro de 1991 com o desígnio de prestar serviços de produção de mudas a Riocel, presentemente Aracruz Celulose S.A.

O viveiro possui cerca de 20 hectares, com uma área coberta por casas de vegetação de 65.000 m<sup>2</sup> e 15.000 m<sup>2</sup> de galpões para armazenagem de insumos e linha de produção por semente. A empresa aplica nos processos de produção a mais alta tecnologia para a formação de mudas clonais e por sementes, sendo utilizadas sementes selecionadas, semeador automático, viveiro suspenso, estufas climatizadas e o acompanhamento realizado por especialistas. A empresa ainda possui uma estação de tratamento de água (ETA), levando às mudas uma irrigação de primeira qualidade, reduzindo assim em cerca de 95% a infecção por bactérias. Atualmente, a capacidade atual de produção é de 70 milhões de mudas por ano, garantidas por um quadro de funcionários que conta com aproximadamente setecentas pessoas.

#### **3.2. Planejamento experimental**

No dia 26 de outubro de 2006, foram semeados pela empresa 327.600 tubetes, correspondentes a 260 telas (viveiro suspenso), das quais treze foram escolhidas ao acaso (5%

do total produzido no dia) para o acompanhamento do desenvolvimento das mudas de *Pinus taeda* L. Todas as telas escolhidas sofreram, ao longo do tempo de permanência em viveiro, as mesmas intervenções e tratos culturais empregados nas demais mudas produzidas pela empresa, com exceção das adubações de cobertura.

As telas amostradas foram marcadas com placas de coloração vermelho e branco para diferenciá-las das demais produzidas pela empresa (Anexo A) e foram tratadas como parcelas no presente trabalho, sendo que em cada uma havia densidade de 1.260 plantas no início do ensaio.

Foram avaliadas aos 45, 90, 135 e 180 dias, 126 mudas em cada fase, perfazendo 10% do total de plantas existentes em cada parcela, considerando o início do experimento.

Em cada uma das avaliações retirou-se, ao acaso, das mudas remanescentes de cada parcela, uma quantidade de plantas suficiente para atingir 30g de massa verde ou 10g de massa seca para a realização das análises químicas da parte aérea, mínimo solicitado pelo Laboratório de Ecologia Florestal (LABEFLO) da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria).

### 3.3. Manejo do experimento

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação por cerca de 60 dias, durante o período de 26 de outubro a 22 de dezembro de 2006. Após este período, as mudas foram levadas a pleno sol, onde permaneceram até 26 de abril de 2007, para completarem seu ciclo de formação e rustificarem, para então poderem ser consideradas aptas a deixarem o viveiro e serem levadas para o plantio em local definitivo.

A seqüência da operação de semeio ocorreu da seguinte forma: as telas, assim que passaram pelo processo de encanteiramento<sup>1</sup>, foram levadas através de trilhos para o preenchimento dos tubetes com substrato e, após, seguiram até o semeio, o qual é realizado mecanicamente. Posteriormente, foram cobertas com uma fina camada de vermiculita de granulometria média, e então levadas para a casa de vegetação. Esta seqüência encontra-se disponível no Anexo B.

O substrato utilizado é formado por uma mistura entre casca de Pinus e turfa. No substrato foi incorporada uma adubação de base, composta por Osmocote 19-06-10,

---

<sup>1</sup> Processo de preenchimento das telas vazias com tubetes.

Osmocote 18-05-09, NPK e Superfosfato Simples, conforme especificação da empresa. A caracterização química e física do substrato utilizado, antes da incorporação da adubação de base, encontram-se no Quadro 1 e Quadro 2, respectivamente.

| Amostra   | Elementos |      |      |      |      |      |       |       |        |        |       |
|-----------|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|
|           | N         | P    | K    | Ca   | Mg   | S    | B     | Cu    | Fe     | Mn     | Zn    |
|           | g/kg      |      |      |      |      |      | mg/kg |       |        |        |       |
| Substrato | 7,42      | 0,50 | 1,39 | 13,2 | 2,26 | 0,88 | 43,29 | 18,22 | 10.739 | 254,13 | 63,88 |

Quadro 1 - Laudo de caracterização química do substrato utilizado. Santa Maria – RS. 2007.

Os valores apresentados no Quadro 1 são os teores totais presentes na mistura entre casca de Pinus e turfa.

| Amostra   | DS                   | PT                                  | MACP | MICP | EA   | AD   | CRA                       |
|-----------|----------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|---------------------------|
|           | (g/cm <sup>3</sup> ) | (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ) |      |      |      |      | (ml/ 50 cm <sup>3</sup> ) |
| Substrato | 0,44                 | 0,72                                | 0,36 | 0,35 | 0,21 | 0,18 | 21,7                      |

Quadro 2 - Laudo de caracterização física do substrato utilizado, onde: DS: densidade básica; PT: porosidade total; MACP: macroporosidade; MICP: microporosidade; EA: espaço de aeração; AD: água disponível; CRA: capacidade de retenção de água. Santa Maria – RS. 2007.

As caracterizações realizadas no substrato também indicaram que ele apresenta um percentual de matéria orgânica de 19,2%, pH (água) 5,55, CTC (efetiva) 4,47 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e percentual de saturação por bases de 40,76%.

As sementes utilizadas são provenientes da Cambará Westwaco e a semeadura foi realizada em tubetes de polipropileno com capacidade de armazenar 50 cm<sup>3</sup> de substrato, com formato cônico, 34 mm de diâmetro externo, 28 mm de diâmetro interno, furo de 12 mm de diâmetro, 125 mm de altura, 10 gramas de peso e quatro ranhuras internas, onde foi depositada uma semente por recipiente.

A germinação ocorreu em média 15 dias após a semeadura.

Setenta e quatro dias após a semeadura, as telas passaram pela operação de alternagem<sup>2</sup>, ocorrida no dia 08 de janeiro de 2007 (Anexo C).

As fertirrigações foram realizadas da seguinte forma: de zero a 45 dias de idade das mudas, não ocorreu fertilização, pois esta não se fazia necessária; de 46 a 90 dias de idade, as adubações ocorreram duas vezes por semana; e de 91 a 180 dias de idade, as mudas foram adubadas três vezes por semana.

A solução nutritiva utilizada nas adubações foi a seguinte: 0,62 g de nitrato de cálcio, 1,298 g de superfosfato simples, 0,322 g de sulfato de magnésio, 2,805 mL de boro orgânico, 0,612 g de sulfato de zinco, 10,08 g de hidro ferro, 6,96 g de sulfato de manganês e 0,0552 g de sulfato de cobre, diluídos em 40 litros de água. Esta solução apresentou eletrocondutividade (EC) média de 2,5 dS/m.

Para o cálculo da solução, baseou-se no resultado do laudo de análise química da parte aérea realizada aos 45 dias após a semeadura. De posse do laudo, calculou-se a média entre as repetições de cada nutriente e fez-se uma comparação com o valor da média entre os limites inferior e superior da faixa apresentada por Higashi et al. (2003) como adequada para cada elemento mineral na fase de crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (Quadro 3).

Desta forma, foi possível identificar em quais nutrientes as mudas de *Pinus taeda* L. apresentavam deficiência, em comparação com mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, e então complementar com a adubação de cobertura.

| Fase da muda | Macronutriente (g/kg)  |           |           |           |           |           |
|--------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | N                      | P         | K         | Ca        | Mg        | S         |
| Crescimento  | 20 - 28                | 3,0 - 5,0 | 16 - 21   | 3,5 - 6,0 | 1,8 - 2,5 | 2,0 - 3,2 |
|              | Micronutriente (mg/kg) |           |           |           |           |           |
|              | B                      | Cu        | Fe        | Mn        | Zn        |           |
|              | 35 - 60                | 3,0 - 6,0 | 140 - 230 | 160 - 350 | 35 - 60   |           |

Quadro 3 – Faixas de teores de macronutrientes e micronutrientes considerados adequados na fase de crescimento para mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. Fonte: Adaptado de Higashi et al. (2003). Santa Maria – RS. 2007.

<sup>2</sup> Processo de retirada das mudas das telas acomodando-as em aramados, aumentando o espaçamento entre as mudas, deixando-se duas linhas cheias e uma linha vazia, e assim sucessivamente.

### 3.4. Variáveis observadas

A cada 45 dias, contados a partir da data de semeadura, foram obtidos os valores das seguintes variáveis: altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC), relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC), biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR), relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume de raízes e a concentração de nutrientes na parte aérea das mudas.

A altura da parte aérea foi mensurada com auxílio de uma régua graduada de 30 cm, enquanto que o diâmetro de colo foi determinado com paquímetro digital com duas casas decimais. A partir dos valores desses dois parâmetros morfológicos, determinou-se o índice denominado de relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC), originado através da razão entre eles.

Para a determinação da biomassa seca, dividiram-se as mudas, através de corte com tesoura de poda na base do caule, em parte aérea e radicular, seguido de lavagem das raízes em água branda auxiliada por uma peneira de 2 mm. O material foi seco em estufa a 70° C até atingir peso constante. Para a pesagem do material utilizou-se balança analítica, com três casas de precisão. A biomassa total (BT), utilizada para o cálculo do IQD, foi obtida a partir da soma da biomassa aérea (BA) com a biomassa radicular (BR). A partir da razão entre o peso de BR e BA, determinou-se o índice conhecido como relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA).

De posse desses dados, determinou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) através da aplicação da equação (1) que leva em consideração a relação entre os parâmetros morfológicos das mudas.

$$IQD = \frac{BT(g)}{\left[ H(cm) / DC(mm) \right] + \left[ BA(g) / BR(g) \right]} \quad (1)$$

O volume de raízes foi mensurado através de deslocamento de água, utilizando-se um copo graduado em mL, com capacidade total de 1.000 mL. Esta variável foi obtida imediatamente após a lavagem das raízes. Esta precaução foi tomada para que as raízes absorvessem a menor quantidade de água possível no momento da verificação do volume existente em cada tubete, uma vez que já se apresentavam saturadas.

Foram realizadas análises de tecido vegetal na parte aérea das mudas aos 45, 90, 135 e 180 dias, para a identificação da concentração de nutrientes neste órgão, em função da idade.

As análises foliares, assim como a caracterização química do substrato, foram realizadas pelo LABEFLO, de acordo com a seguinte metodologia: determinação do N pelo método de Kjeldahl, P e B por espectrometria visível, K fotometria de chama, S por turbidimetria, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn pelo método de espectrofotometria de absorção atômica. Os teores totais foram expressos a partir do material seco a 70°C. A caracterização física do substrato foi realizada pelo laboratório de física do solo da UFSM.

### **3.5. Análise dos dados**

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 8.2, obtendo-se as análises de variância para cada parâmetro avaliado.

Pelo mesmo pacote, realizou-se análise de regressão para estimar o crescimento em altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação altura da parte aérea / diâmetro de colo, biomassa aérea, biomassa radicular, relação biomassa radicular / biomassa aérea, índice de qualidade de Dickson e o volume de raízes, em função da idade das mudas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento das mudas de *Pinus taeda* L.

O crescimento das mudas é verificado a partir do desenvolvimento dos seus parâmetros morfológicos e produção de biomassa seca, bem como a evolução dos índices gerados a partir destes parâmetros. Para efeito prático, considerou-se neste trabalho que a fase de crescimento das mudas foi de zero a 135 dias de idade, e a fase de rustificação, de 136 a 180 dias após a semeadura, sendo que aos 180 dias encerrou-se o ciclo de viveiro das plantas.

#### 4.1.1 Altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e índice relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC)

O resumo do quadro da análise da variância para estes parâmetros encontra-se disponível no Anexo D.

A altura da parte aérea e o diâmetro de colo constituem-se nos principais parâmetros observados nos viveiros para determinar a condição das mudas produzidas, uma vez que são fáceis de serem obtidos e não destrutivos. Além disso, para Gomes et al. (2002), estes dois parâmetros apresentam contribuição relativa para a qualidade da muda de 83,19%.

Observam-se comportamentos similares quanto à dinâmica de crescimento em altura (Figura 1) e diâmetro de colo (Figura 2), ficando evidenciada a diminuição no ritmo de crescimento e uma tendência de estabilização no desenvolvimento das mudas, nestas variáveis, a partir dos 135 dias de idade, até os 180 dias após a germinação.

A média de altura observada ao final do ciclo de produção das mudas (29,0 cm) encontra-se de acordo com a recomendação de Ambiente Brasil (2006), que sugere que as mudas de *Pinus* devem permanecer no viveiro até que atinjam uma altura de 20 a 30 cm. Este valor também está muito aproximado ao encontrado por Rossi (2005) que, em estudo com mudas de *Pinus taeda* L., encontrou altura média da parte aérea oito meses após a instalação do experimento de 31,8 cm.



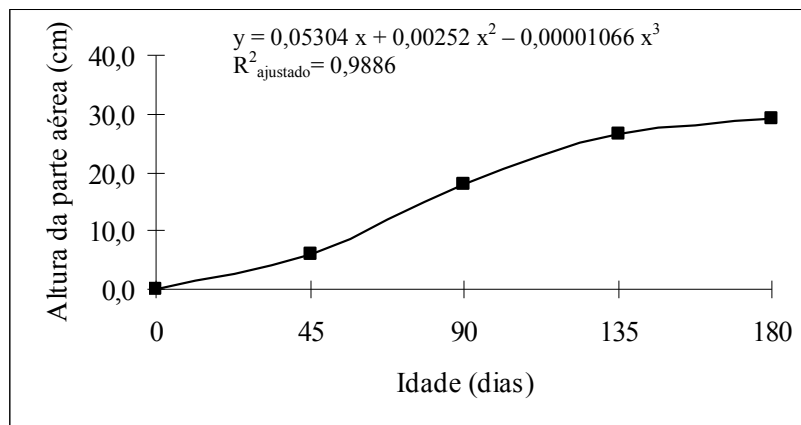


Figura 1 – Crescimento em altura da parte aérea das mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

A altura das mudas observada também se encontra dentro da faixa proposta por Bacon et al. (1977) que, trabalhando com mudas de *Pinus elliottii* de um ano de idade, recomendaram que a altura média delas deve estar entre 15 e 40 centímetros. Entretanto, o tempo levado para as mudas de *Pinus taeda* L. chegarem a 29 cm foi de apenas 180 dias. Esta diferença de tempo deve-se aos métodos de produção empregados e aos insumos utilizados, como substrato, semente, recipiente, fertilizante entre outros que, atualmente, são muito mais aprimorados do que os praticados e utilizados na década de setenta, época em que os pesquisadores mencionados efetuaram a pesquisa. Além disso, tratam-se de espécies distintas.

Segundo Tecnoplanta Florestal Ltda. (2007), uma muda de *Pinus* sp., para ser considerada apta a deixar o viveiro, deve apresentar altura da parte aérea de pouco mais que duas vezes a altura do recipiente onde ela é formada. Partindo-se deste princípio, e de que as mudas de *Pinus taeda* L. foram produzidas em tubetes com altura de 12,5 cm, verifica-se que aos seis meses de idade estas mudas já podem ser levadas ao campo para o plantio, considerando-se apenas esta variável que, por muito tempo, constituiu-se no único parâmetro de avaliação da qualidade da muda (MAYER, 1977 apud CARNEIRO, 1995, p. 65).

Todavia, atualmente, vários outros fatores devem ser levados em consideração para podermos garantir a qualidade da muda produzida, como o diâmetro de colo, por exemplo, que foi definido por Simões (1987) como o melhor parâmetro para a avaliação da qualidade da muda.

O valor médio encontrado para este parâmetro, 180 dias após a semeadura, no presente trabalho foi de 2,76 mm.

Comparando-se este valor com o diâmetro de colo médio obtido por Rossi (2005), que foi de 3,7 mm, verifica-se que estas mudas estão pouco menos de 1 mm mais delgadas do que as do presente estudo, o que pode ser explicado pela idade das mudas no momento da avaliação.

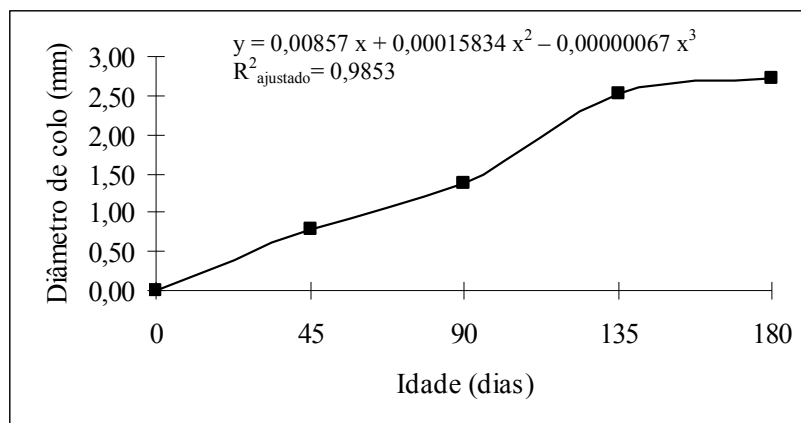


Figura 2 – Crescimento em diâmetro de colo das mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

Em pesquisa conduzida por Quevedo et al. (2003), o diâmetro de colo médio observado em mudas de *Pinus elliottii*, 210 dias após a semeadura, também foi superior ao atingido neste trabalho. Esta defasagem pode ser atribuída a fatores referentes à espécie ou até mesmo à idade das mudas.

Em contrapartida, o diâmetro de colo de 2,76 mm está muito próximo do verificado por Thomas et al. (2003) que, em estudo sobre substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda* L. encontraram, em avaliação realizada sete meses após a semeadura, valor médio para o melhor tratamento de 2,67 mm. Os mesmos autores complementam que este é o maior responsável pela sobrevivência das mudas no campo e, por este motivo, recomendaram um substrato onde as mudas apresentaram maior crescimento neste parâmetro.

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1995). Esta afirmação é confirmada por Binotto (2007), em estudo sobre a relação entre variáveis de crescimento e o IQD em mudas de *Pinus elliottii*.

Schmidt-Vogt e Gürth (1969 apud NOVAES et al., 2001, p. 66) constataram que, para maior crescimento em altura, as mudas devem apresentar compatível crescimento em

diâmetro de colo. Os valores da razão entre a altura da parte aérea e o diâmetro de colo obtidos no presente estudo (Figura 3), principalmente nas idades de 135 (11,5) a 180 (10,7) dias, são compatíveis com esta afirmação, pois mostram uma tendência de estabilização no crescimento das mudas.

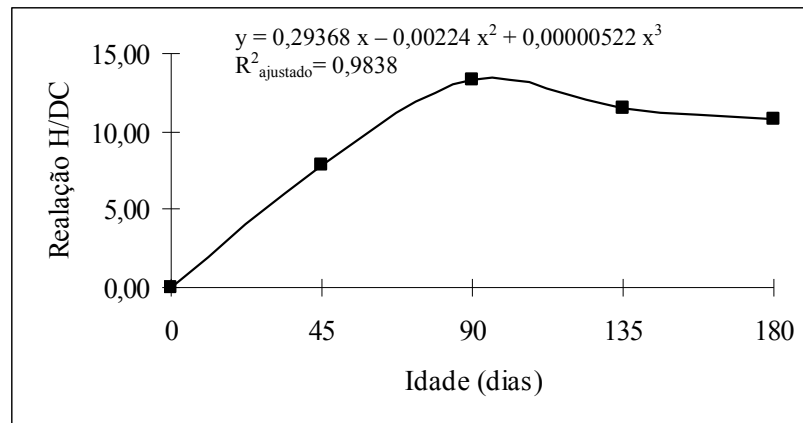


Figura 3 – Relação altura da parte aérea / diâmetro de colo das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007.

Todavia, o índice de 10,7, obtido aos 180 dias, não corresponde ao encontrado por Rossi (2005), 240 dias após a instalação do ensaio, que foi de 8,7. Vale lembrar que, quanto menor for o valor deste índice, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem no campo.

Outrossim, quando as mudas encontram-se em recipientes com pequeno volume de substrato, a redução do ritmo de crescimento em diâmetro de colo é menos acentuada do que a observada para o crescimento em altura da parte aérea da muda, na medida em que o tempo passa. Desta forma, espera-se que quanto maior o tempo de permanência da muda no tubete, maior será o engrossamento do caule da muda, em comparação com a sua altura, tornando a haste mais rígida e, conseqüentemente, fazendo com que exista uma redução no índice H/DC.

#### 4.1.2 Biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR) e relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR / BA)

O resumo do quadro da análise da variância para estes parâmetros encontra-se disponível no Anexo E.

O peso de matéria seca da parte aérea é uma boa indicação da capacidade de resistência das mudas (SCHMIDT e VOGT, 1966 apud NOVAES et al., 2001, p. 67).

Relacionando o valor médio de 1,763 g (Figura 4) obtido para as mudas de *Pinus taeda* L. aos 180 dias de idade com a altura média das mudas na mesma idade, verifica-se que a biomassa aérea formada está adequada, uma vez que existe quantidade suficiente de folhas para a realização do processo de fotossíntese.

Em mudas de *Pinus taeda* L. produzidas por Rossi (2005), ocorreu formação de uma média de 2,1 g de biomassa seca por muda. Esta quantidade de biomassa é superior a formada nas mudas do presente estudo. Contudo, a média de altura também foi maior.

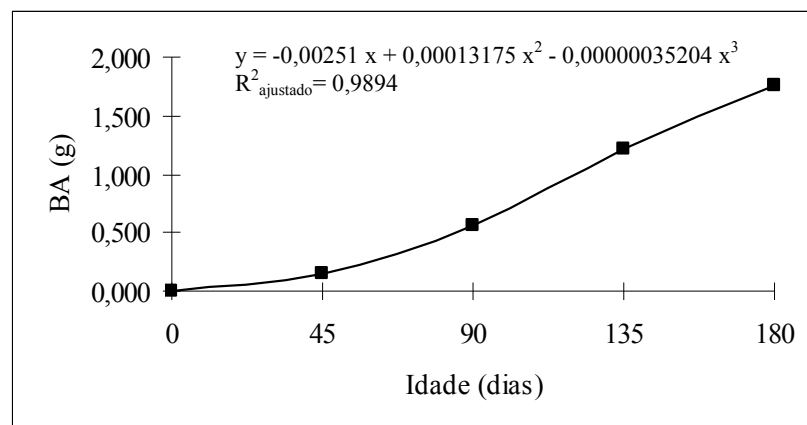


Figura 4 – Biomassa aérea (BA) produzida por mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

Schmidt e Vogt (1966 apud NOVAES et al., 2001, p. 66) constataram que mudas de *Pinus taeda* L. com maior peso de raízes apresentaram maiores chances de sobrevivência no campo.

Verificando a Figura 5, pode-se identificar uma estabilização no crescimento do sistema radicular a partir dos 135 dias após a semeadura, até os 180 dias de idade. Este fato é

imposto, principalmente, pela restrição de volume explorável (50 mL) de substrato, o que foi comprovado por Corroché et al. (2003) que, avaliando diferentes tipos de recipientes para a produção de mudas de *Pinus taeda* L., constataram que a maior produção de biomassa radicular ocorreu em mudas formadas em tubetes com maior capacidade de armazenar substrato quando comparadas com as produzidas em tubetes de menor volume.

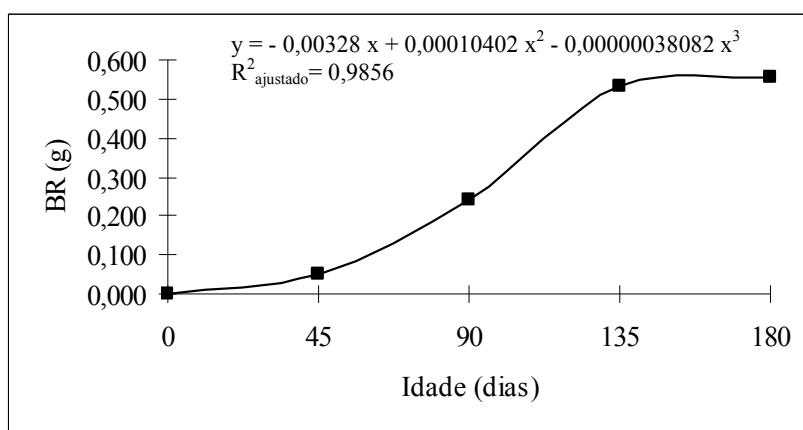


Figura 5 – Biomassa radicular (BR) produzida por mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

Todavia, a biomassa de raízes média encontrada aos 180 dias (0,559 g) é superior à obtida por Thomas et al. (2003), 210 dias após a semeadura, que foi de 0,41g por planta e inferior a alcançada por Rossi (2005) em mudas com oito meses de idade, que foi de 0,7 g.

Da mesma forma que uma muda deve apresentar equilíbrio entre a parte aérea e a radicular, a quantidade de biomassa aérea e a biomassa de raízes, logicamente, também deve seguir essa tendência de equilíbrio para que a quantidade de raízes possa, não somente cumprir o papel de sustentação, mas também de absorção das quantidades de nutrientes necessárias para nutrir toda a parte aérea da planta.

Observa-se, na Figura 6, que o maior valor obtido para a razão entre a biomassa radicular e a aérea foi de 0,5, encontrado na fase de 90 dias. Após esta fase, houve um crescimento da parte aérea maior em relação ao sistema radicular das mudas a ponto de, 180 dias após a semeadura, época em que as mudas deveriam estar prontas para o plantio, o índice BR/BA cair para 0,3.

Estes índices estão abaixo dos propostos por Mexal e Dougherty (1981), que demonstram, em um estudo, a importância da razão entre a biomassa de raízes e da parte

aérea em mudas de *Pinus*, onde a sobrevivência e o crescimento das mudas foram maiores à medida que os valores desta razão aumentaram até 0,6.

As baixas relações de peso das partes radicular / aérea indicam pequena superfície de absorção quando comparadas com a superfície de transpiração, o que afeta a resistência das mudas às condições de seca (McNabb, 1985 e Boyer e South, 1987).

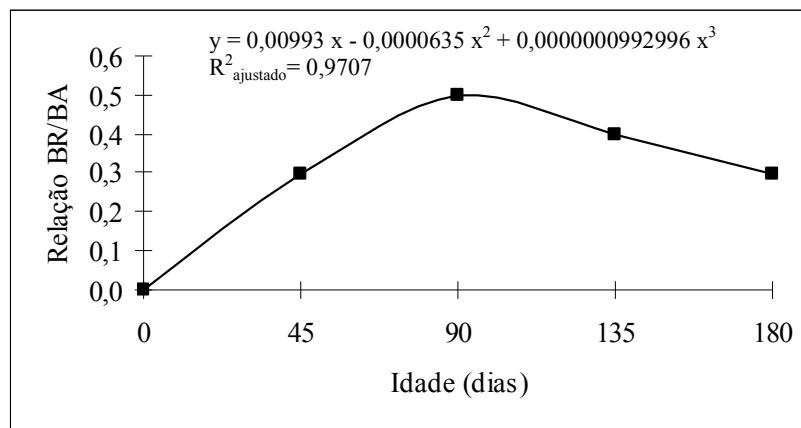


Figura 6 – Relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA) obtido por mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

O reduzido valor da relação BR/BA, verificado aos 180 dias, pode ser explicado, mais uma vez, pelo pequeno volume do recipiente, na medida em que há uma redução no crescimento radicular em comparação com o crescimento da parte aérea (altura e diâmetro) da muda.

Outra explicação pode ser encontrada no adensamento das mudas, ou seja, redução do espaço entre as plantas em função do crescimento delas. Este fato fez com que aumentasse a concorrência por luz, estimulando um crescimento da parte aérea em busca de luminosidade, contribuindo para o aumento da biomassa aérea.

No entanto, os índices encontrados estão mais próximos do defendido por Brissete (1984) e Daniel et al. (1997), que é de 0,5 e obtido em pesquisas mais recentes.

#### 4.1.3 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O resumo do quadro da análise da variância para este parâmetro encontra-se disponível no Anexo F.

A relação entre alguns atributos morfológicos tem finalidade de facilitar possíveis previsões sobre a performance da planta após o transplântio, definindo, assim, a qualidade da muda.

Ainda são muito escassas as informações sobre esse índice, principalmente no que diz respeito a valores específicos de IQD que as mudas de determinada espécie devem atingir para estarem aptas a serem expedidas do viveiro para o campo.

Entretanto, os índices obtidos no presente estudo servirão como base para futuras investigações sobre o tema. Tomando como medida de comparação o índice mínimo de 0,2 preconizado por Dickson (1960) citado por Hunt (1990, apud ROSSI, 2005, p. 23), pode-se afirmar que as mudas de *Pinus taeda* L. (Figura 7) encontram-se dentro do padrão estabelecido como indicador de qualidade de mudas.

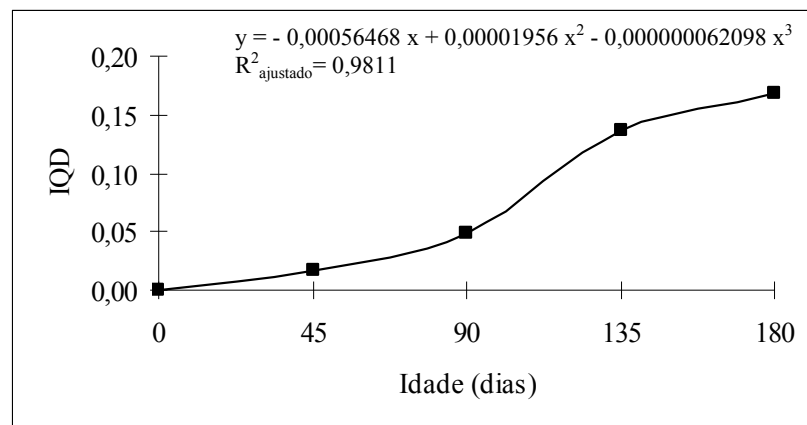


Figura 7 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) obtido para mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

Considerando a excelente condição das mudas ao final do ciclo de viveiro e os valores dos parâmetros avaliados, é possível afirmar que o IQD de 0,17, verificado seis meses após a semeadura, pode ser utilizado como ferramenta segura para avaliar a qualidade das mudas de *Pinus taeda* L. no momento do transplântio.

Este índice é superior ao obtido por Rossi (2005) que encontrou, oito meses após a instalação do experimento, IQD igual a 0,1 para as mudas desta espécie. Entretanto, Binotto (2007) verificou índice de 0,25 em plantas com 175 dias de idade.

Porém, índices que levam em consideração a relação entre atributos de crescimento, tais como tamanho de muda, diâmetro do colo e biomassa seca com a sobrevivência e o desempenho a campo, não devem ser adotados como critério único para a classificação de qualidade de lotes de mudas (ROSSI, 2005), pois podem ser contraditórios (THOMPSON, 1985).

#### 4.1.4 Volume de raízes

O resumo do quadro da análise da variância para este parâmetro encontra-se disponível no Anexo G.

Considerando os dados apresentados na Figura 8, verifica-se que, ao final do ciclo de produção das mudas de *Pinus taeda* L., cada planta formou um volume médio de 7,31 mL de raízes, o que corresponde a 14,6% do volume total do tubete utilizado para o seu cultivo.

Este valor difere do recomendado por Mullin e Christl (1982), citado por Simões (1987, p. 6) para mudas de *Pinus strobus* produzidas em Ontário (Canadá), cujo valor mínimo de volume de raízes deve ser 12 mL, em plantas com altura média de 20 cm e diâmetro do colo médio de 4,0 mm. Esta diferença pode ser atribuída ao ritmo de crescimento das duas espécies e por se tratarem de duas regiões geográficas completamente distintas, o que exige padrões diferentes de mudas.

Além disso, é conveniente relatar que 7,31 mL pode ser considerado um volume adequado de raízes para uma muda com as dimensões das variáveis anteriormente apresentadas, sendo suficiente para suprir as necessidades da muda no que concerne à absorção de água e nutrientes, bem como sustentação delas, sem comprometer a conformação do sistema radicular em função do reduzido volume (50 mL) do recipiente onde a muda é produzida.



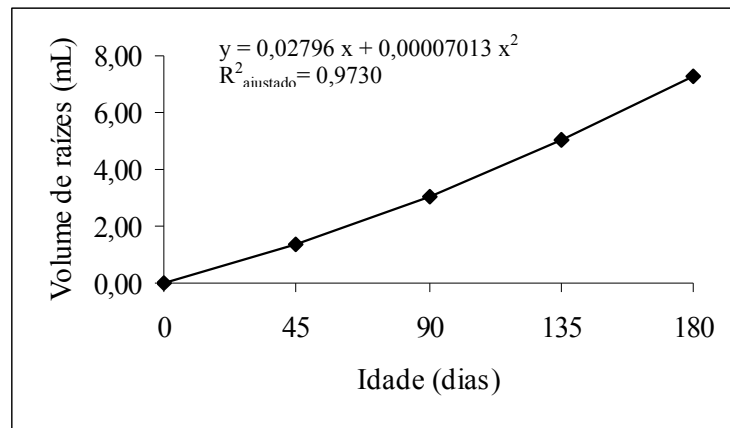


Figura 8 – Volume de raízes formadas nas mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes idades. Santa Maria – RS. 2007.

Outrossim, a equação obtida para esta variável aponta para uma tendência de continuidade no crescimento do sistema radicular após os 180 dias. Tal ocorrência permite estimar que as mudas poderiam seguir no viveiro por mais algum tempo, considerando-se apenas este parâmetro. Todavia, é preciso ressaltar a inevitável restrição de volume explorável, evento anteriormente comentado, que as raízes fatalmente encontrariam após este período.

Esta verificação poderia ser entendida como negativa. Porém, devemos analisar o fato de as raízes ainda se apresentarem em atividade, ou seja, ainda existindo a formação de raízes finas no sistema radicular. Este é um dos fatores que podem interferir no desempenho inicial das mudas no campo, uma vez que mudas que apresentam grande produção dessas raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (FREITAS et al., 2005).

Laclau et al. (2001) explica que a alta densidade de raízes finas aumenta a habilidade do povoamento em absorver água e nutrientes sobre a superfície, por ocasião de chuvas curtas durante a estação seca.

#### 4.2 Nutrição das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade

A concentração de nutrientes das mudas de *Pinus taeda* L. foi avaliada aos 45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura.

A reserva de nutrientes presentes nas mudas é importante para o seu incremento após o plantio, além da sua sobrevivência e resistência ao ataque de pragas e doenças. Além disso, as concentrações dos nutrientes na planta refletem o estado nutricional da planta, assim como a fertilidade do substrato onde foram produzidas.

A concentração de N na parte aérea das mudas diminuiu com o aumento da idade das plantas. Este comportamento também foi observado para o elemento Fósforo. Entretanto, as concentrações dos demais nutrientes oscilaram durante a condição de viveiro (Figura 9).

Isto pode ter ocorrido devido ao baixo fornecimento destes nutrientes nas adubações de cobertura realizadas e também à dinâmica de alguns nutrientes no substrato, uma vez que os íons  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  são facilmente lixiviados através da água da irrigação, pois apresentam baixa absorção aos colóides (MAY, 1984 apud SILVEIRA et al., 2003, p. 140). Esta constatação pode ser explicada ainda pelo comportamento observado para os nutrientes P, Ca e Mg, elementos estes que apresentam mobilidade mais restrita no substrato quando comparados ao N, K e S.

O Fósforo incorpora-se à matéria orgânica formando compostos com Ca, Fe e Al, além de também ser fixado pelos minerais de argila como a vermiculita, utilizada na cobertura das sementes no momento da semeadura. Já o Ca e o Mg são retidos pela matéria orgânica e a vermiculita devido à sua maior valência (FASSBENDER, 1980 apud SILVEIRA et al., 2003, p. 140).

Higashi et al. (2003) apresentam como faixas de teores considerados adequados para N e P na fase de rustificação (120-150 dias) de mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* as concentrações de 14-28 g/kg e 2,5-4,0 g/kg, respectivamente. Comparando estes teores com as concentrações verificadas nas mudas de *Pinus taeda* L. nesta mesma fase, constata-se que as concentrações presentes nestas estão abaixo do recomendado. Entretanto, a adição de N em maior quantidade do que a fornecida nas adubações de cobertura realizadas no presente estudo não é aconselhada, uma vez que favoreceria a formação de maior quantidade de biomassa a um ponto que ocorreria um desequilíbrio exagerado entre a parte aérea e o sistema radicular.

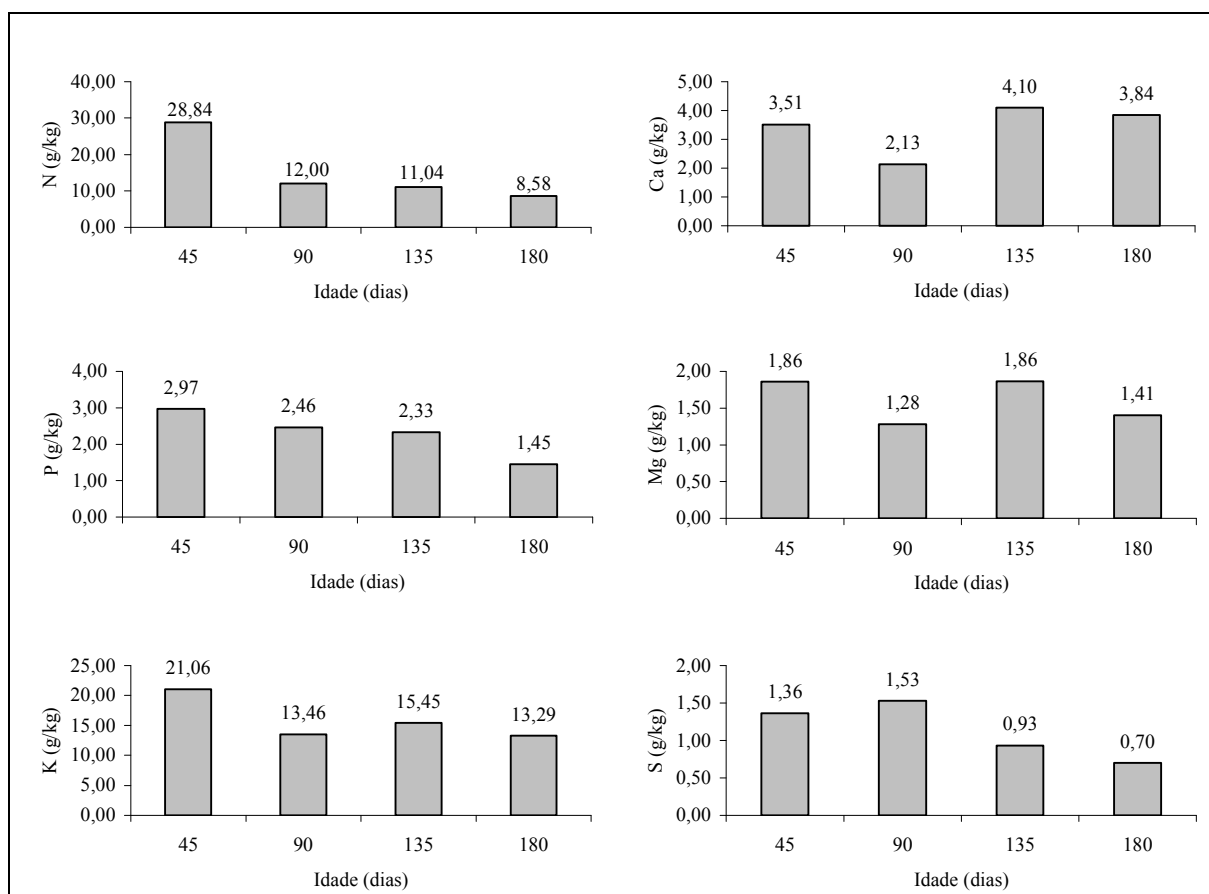


Figura 9 – Concentrações médias de macronutrientes na parte aérea das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007.

Outrossim, o maior crescimento dos tecidos vegetais, decorrente de uma maior aplicação de N, resultaria em uma má formação destes tecidos, tornando-os uma porta de entrada para pragas e doenças na planta.

Em contrapartida, a complementação com Fósforo, seria muito importante, uma vez que as mudas devem ir para o campo com uma reserva deste nutriente suficiente até que as raízes novas emitidas passem a absorver o P disponível no solo. Valeri e Corradini (2000) mencionam que favorecer o acúmulo ou reserva de P na planta é essencial, em função da baixa mobilidade do elemento no solo.

Os resultados das concentrações de Potássio mostram que, a partir dos 90 dias de idade, ocorreu uma tendência de estabilidade na concentração deste nutriente. Estes teores estão dentro da faixa adequada na fase de rustificação apresentada por Higashi et al. (2003) para *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, que é de 13-20 g/kg. Desta forma, não há a necessidade de complementação com este nutriente, mesmo em se tratando de espécies distintas. Esta constatação é importante, na medida em que o Potássio é um dos elementos que

deve ser priorizado nas adubações de cobertura na fase de rustificação das mudas, pois ele aumenta a eficiência do controle da abertura dos estômatos. Isto faz com que a planta perca menos água nas horas mais quentes do dia, o que aumenta sua resistência às difíceis condições encontradas no campo, fundamentalmente em relação à baixa disponibilidade de água (VALERI e CORRADINI, 2000). Além disso, o K promove o engrossamento do caule colaborando para a adaptação das mudas à adversidade do campo.

As faixas propostas como adequadas na fase de rustificação para os elementos Ca, Mg e S, apresentadas por Higashi et al. (2003) para *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* são de 4,0-7,0 g/kg, 1,9-3,0 g/kg e 2,0-3,2 g/kg, respectivamente. As concentrações observadas para *Pinus taeda* L., igualmente nesta fase de formação das mudas, encontram-se abaixo destas faixas, indicando a necessidade de haver complementação com estes nutrientes.

Valeri e Corradini (2000) relatam que as doses de Ca e S aplicadas nas adubações de cobertura devem aumentar consideravelmente com a idade das mudas. Os mesmos autores também ressaltam que o incremento das doses de Mg deve ser bem menor. O aumento das doses de Ca com a idade se explica por este ser um elemento essencial para a síntese da parede celular na fase secundária do desenvolvimento e no processo de lignificação (DUNISCH et al., 1998 apud SILVEIRA et al., 2003, p. 146). Em termos práticos, o abastecimento de Ca deve ser maior na fase de rustificação das mudas devido à necessidade de maior lignificação da haste, cujo objetivo é aumentar a resistência das mudas ao afogamento do coleto nos solos arenosos em dias de temperaturas altas. As doses de Enxofre devem ser maiores em função do tempo, uma vez que ele intervém na síntese de compostos orgânicos, como as vitaminas e enzimas, sob pena de redução do crescimento vegetal, em caso de carência deste elemento. Outrossim, o incremento nas doses de Magnésio deve aumentar com a idade em função deste elemento ser constituinte da clorofila e das proteínas, e essencial ao funcionamento dos ribossomas.

Como os teores dos macronutrientes N, P, Ca, Mg e S, na fase de rustificação, encontram-se abaixo dos considerados adequados por Higashi et al. (2003) nesta mesma fase para mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, percebe-se a importância da realização de adubação de expedição no viveiro, quando as mudas já se apresentarem rustificadas, e adubação de plantio. Isto permitiria a correção destas deficiências e, conseqüentemente, melhor pegamento e arranque inicial das mudas após o plantio.

A Figura 10 apresenta as concentrações médias de micronutrientes na parte aérea das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade.

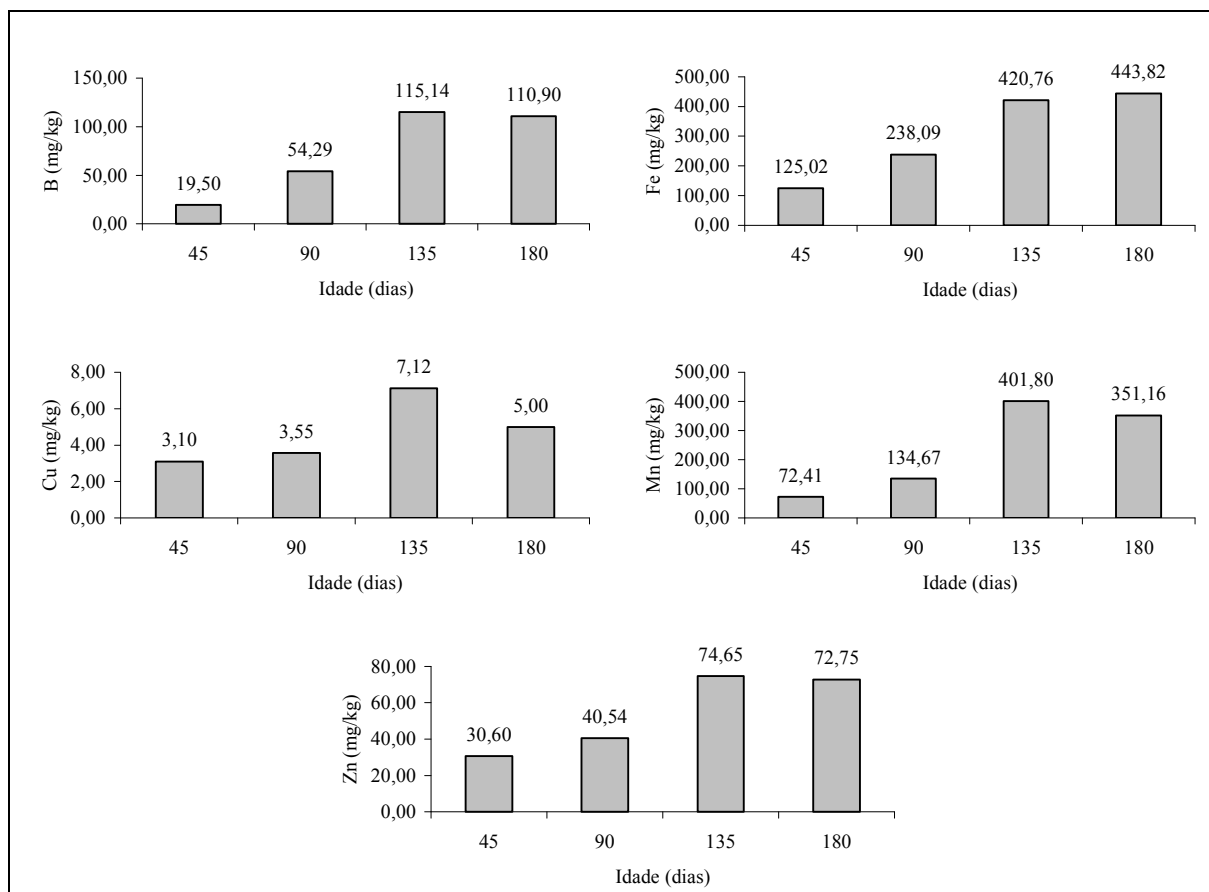


Figura 10 - Concentrações médias de micronutrientes na parte aérea das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade. Santa Maria – RS. 2007.

As concentrações do elemento Ferro aumentaram com a idade das mudas. Isto pode ser explicado devido ao alto teor de Fe (10.739 mg/kg) encontrado no substrato utilizado na produção das mudas. Outra possibilidade, embora remota, seria a presença da vermiculita utilizada na cobertura das sementes, que contém de 3 a 12% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Embora as concentrações de Fe verificadas na parte aérea das mudas possam ser consideradas elevadas, é importante mencionar que as mudas não apresentaram sintomas de toxidez por este elemento, em nenhum momento do ciclo de sua formação.

As concentrações dos demais micronutrientes aumentaram até a idade de 135 dias. Após esta idade, estas concentrações apresentaram tendência de queda, porém, de forma pouco acentuada.

Higashi et al. (2003) apresentam faixas de teores adequados de micronutrientes para mudas de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* na fase de rustificação: 35-60 mg/kg, 3,0-6,0 mg/kg, 140-230 mg/kg, 160-350 mg/kg e 35-60 mg/kg, para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Comparando estes teores com os observados para *Pinus taeda* L. no presente estudo, na mesma fase de formação das mudas, verifica-se que somente a concentração do elemento Cobre apresenta-se adequada. Os teores dos demais micronutrientes mensurados encontram-se acima do adequado. Todavia, em nenhuma ocasião do período de formação das mudas verificou-se sintomas de toxidez por qualquer um destes elementos minerais.

O aspecto da mudas produzidas em cada fase do seu desenvolvimento pode ser observado no Anexo H.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que as mudas foram produzidas, conclui-se que:

a) As mudas de *Pinus taeda* L. apresentaram ótimo desenvolvimento considerando um ciclo de formação de 180 dias e, por este motivo, podem ser utilizadas como modelo de formação de mudas da espécie no Estado do Rio Grande do Sul, desde que sejam observados os valores das variáveis e índices atingidos no presente estudo;

b) O Índice de Qualidade de Dickson verificado para as mudas de *Pinus taeda* L. pode ser utilizado como parâmetro de avaliação da qualidade de mudas da referida espécie, uma vez que todas as variáveis levadas em consideração para determinar o IQD apresentaram bom desenvolvimento durante a fase de viveiro;

c) As concentrações dos macronutrientes no final do ciclo de formação das mudas refletem a necessidade de realização de adubação de expedição, principalmente com os elementos Nitrogênio e Fósforo;

d) As concentrações dos micronutrientes no final do ciclo de formação das mudas mostram que não há necessidade de realização de adubação de expedição com os elementos Fe, Mn, B, Zn e Cu;

e) A utilização de um recipiente com capacidade de armazenar maior volume de substrato no processo de produção de mudas elevaria a quantidade e o volume de raízes da muda.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Para futuras investigações sugerem-se as seguintes recomendações para complementar as informações sobre a produção de mudas da espécie *Pinus taeda* L.:

a) Necessidade de avaliação a campo do crescimento das mudas produzidas, para confirmar a validade dos parâmetros e índices analisados no presente estudo;

b) Realização de estudos sobre fertilização adequada de mudas de *Pinus taeda* L., considerando a concentração de nutrientes observada na parte aérea das mudas produzidas no presente estudo;

c) Necessidade de incorporação de fungos micorrízicos ao substrato utilizado no presente estudo, uma vez que a associação simbiótica entre fungos e raízes finas é essencial no processo de absorção e ciclagem de nutrientes, principalmente do elemento Fósforo. A queda observada nos teores deste elemento, na parte aérea das mudas, em função da idade, pode também encontrar explicação na quantidade de micorrizas presentes no sistema substrato-raiz.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. **Silvicultura e Manejo de Pinus**. EMBRAPA Florestas. 9 p. 2003. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/artigos/materiais.php>>. Acessado em 21 de junho de 2003.

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p. il;.

ALMEIDA, L.S. de. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* RADDI (Aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AMBIENTE BRASIL. **Florestal. Silvicultura do Pinus (*Pinus* sp.)**. 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/florestal/index.html&conteudo=/florestal/pinus.html>>. Acesso em 22 de novembro de 2006.

ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=340>>. Acessado em 25 de julho de 2006.

BACON, G.J.; HAWKINS, P.J.; JERMYN, D. Morphological grading studies with slash pine seedlings. **Aust. For.**, Queensland, v. 40, p. 293-303, 1977.

BALLONI, E. A. et al. Estudo comparativo de diferentes tipos de recipientes para a produção de mudas de *Eucalyptus saligna* SM e seu comportamento no campo. Circular Técnica, **IPEF**, Piracicaba, n. 108. 1980. 8p.

BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL – BRDE. **Florestamento na região Sul do Brasil - Uma análise econômica**. 2003. 51 p.

BARROS, N.F.; COMENFORD, N.B. **Sustentabilidade da produção de florestas plantadas no região tropical**. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, 2:487-592. 2002.

BINOTTO, A.F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-top-root ratio and benommy root dip reduce survival of stored loblolly pine seedling. **Tree Planters' Notes**, Washington, D.C. v.38, n 4, p. 19-22, 1987.

BRISSETE, J.C. Summary of discussions about seedling quality. In: **Southern Nursery Conferences**. 1984. Alexandria, L.A. Proceedings. New Orleans: USDA, Forest Service. Southern Forestry Experiment Station, 1984. p. 127-128.

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

CARVALHO, J.C. de; A Sustentabilidade do Manejo Florestal. **Revista Visão Agrícola**. ESALQ. Ano 2. Vol.4. Jul/Dez 2005.

CHICHORRO, J.F.; REZENDE, J.L.P. **Análise econômica da fertilização florestal**. Viçosa: UFV, 1998. 82 p.: il. (Cadernos didáticos, 30).

CORROCHÉ, P.C.; et al. Avaliação de diferentes tipos de recipientes para produção de mudas de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata-RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata/UFSM/FATEC/PPGEF, 2003. CD-ROM.

DANIEL, O. et al. Aplicação de Fósforo em mudas de *Acacia mangium* WILLD. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

DANIEL, O. **Indicadores de qualidade de mudas. Capítulo III**. Dourados, 2005. Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Agronomia, Santa Maria, p.1-4, 2005.

FARIAS, J. A. **Contribuição para a silvicultura de *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini (Açoita-cavalo)**. 2006. 69 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

FERREIRA, C.A.; GALVÃO, A.P.M. Importância da atividade florestal no Brasil. In: **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. 351 p.

FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R.; GARLET, A.; et al. Estabelecimento de povoamentos de *Pinus elliottii* E. pela semeadura direta a campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n.1, p. 107-113, 2003.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.: il.

FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de mudas no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 736.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, J.G.de A.; CARNEIRO, R.M. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.29, n.6, p.853-861, 2005.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEP, 2001. 252 p.

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

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p. (Caderno didático).

GALVÃO, A.P.M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. 351 p.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para a produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO-CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Águas de Lindóia – SP. **Resumos expandidos...** Água de Lindóia: SLCS: SBSC: ESALQ/USP: CEA – ESALQ/USP:SBM, 1996. (CD Room).

HAAG, H. P. **Nutrição mineral de *Eucalyptus* sp, *Pinus* sp, *Araucaria* sp e *Gmelina* sp no Brasil**, São Paulo, SP. Fundação Cargill, 1983, 202 p. il.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Nutrição e adubação na produção de mudas de *Eucalyptus***. Piracicaba: RR Agroflorestal, 2005. 115 p.

HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Absorção de micronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de produção de mudas**. Addubare. Ano 2, nº. 8, jul/ago/set 2003. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr008.pdf>>. Acessado em 28 de abril de 2006.

HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Absorção de macronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de produção de mudas.** Addubare. Ano 2, n°. 8, jul/ago/set 2003. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr008.pdf>>. Acessado em 28 de abril de 2006.

HOPPE, J.M. et al. **Efeitos de diferentes tipos de substrato e recipientes sobre o desenvolvimento pós-plantio da acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Willd).** Santa Maria: CEPEF-FATEC, 2003. Cap. 6, 69 p. (Relatório Técnico).

INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO DO RIO GRANDE DO SUL. Resultados. Disponível em: <http://www.coralx.ufsm.br/ifcrs>. Acesso em 09 de novembro de 2006.

JOLY, A.B. **Botânica:** Introdução à taxonomia vegetal. São Paulo, SP, 1979. 777 p. il.

JOSÉ, A.C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas.** 2003. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

LACLAU, J.P. et al. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v.21, p.129-136, 2001.

LOPES, E.D. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* produzidas em blocos prensados e em dois modelos de tubetes e seu desempenho no campo.** 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2005.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil:** madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; DE OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.: il.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das gimnospermas.** Santa Maria, 2. ed.: Ed. da UFSM, 2005. 161 p.: il.

McNABB, K. L. **The relationship of carbohydrate reserves to the quality of bare-root *Pinus elliottii* var *elliotti* (Engelm.) seedling produced in northern Florida Nursery.** Florida, 1985. 145 p. Tese (Doutorado) – Florida University.

MEXAL, J.; DOUGHERTY, P.M. Growth of loblolly pine seedlings IV. Performance in a simulated drought environment. **Weyerhaeuser Tech. Report.**: 050-1422/6. 26 p. 1981.

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

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

NOVAES, A.B. et al. Desempenho de mudas de *Pinus taeda* produzidas em raiz nua e em dois tipos de recipientes, 24 meses após o plantio. **Revista Floresta**, Curitiba, v31, n1 e 2, p. 62-70, 2001.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

QUEVEDO, F. F. et al. Avaliação dos diferentes tipos de substrato para a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata-RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata/UFSM/FATEC/PPGEF, 2003. CD-ROM.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

REISSMANN, C.B. **Espécies de Pinus de produção no Brasil.** 2003. 3 p. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/artigos/materiais.php>>. Acessado em 21 de junho de 2005.

RIBEIRO, G.T. et al. **Produção de mudas de Eucalipto.** Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001. 122 p.: il.

RITCHIE, G. A.; DUNLAP, J. R. Root growth potential: its development and expression on forest tree seedling. **N.Z.J. For. Sci.** Rotorua, v. 10, n. 1, p 218-248, 1980.

ROSSI, V.L. **Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química de raízes com cobre e ethefon.** 2005. 40 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2005.

SAS. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Proprietary Software Release 8.2 (TS2M0). Licensed to UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM-SYSTEMWIDE-T/R, Site 0040204001.

SCALON, S.P.Q. et al. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.1, p.1-5, 2002.

SGARBI, F. 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.

SHIMIZU, J.Y. **Pinus na silvicultura brasileira**, Portal Ambiente Brasil, 2005. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal>>. Acesso em: 21/05/2006.

SILVEIRA, B.D. da. **Aleatoriedade e tamanho de amostra em mudas de *Pinus* spp. em viveiro florestal.** 2007. 50 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

SILVEIRA, R.L.V.A. et al. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.: il.

SILVEIRA, R.L.V.A. et al. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade. **Scientia Forestalis**. N. 64, p. 136-149, 2003.

SIMÕES, J.W. SPELTZ, R.M.; SPELTZ, G.E. et al. Adubação mineral na formação de mudas de eucalipto. **IPEF**. Piracicaba: n.2/3, p.35-49, 1971.

SIMÕES, J.W. Problemática da produção de mudas em essências florestais. **IPEF**. Piracicaba: Série Técnica. v.4, n.13, p. 1-29. 1987.

SBS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. Estatísticas, 2001. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acessado em 15 de março de 2006.

SBS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. Dia a dia, 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acessado em 20 de junho de 2006.

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

STURION, J.A.; ANTUNES, J.B.M. Produção de Mudanças de Espécies Florestais. In: **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. 351 p.

TECNOPLANTA FLORESTAL Ltda. (Informação pessoal). 2007.

TEDESCO, N. **Produção de mudas de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* D. Willd) Adubadas em N-P-K**. 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1999.

THOMAS, R. et al. Determinação do melhor substrato para produção de mudas de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata-RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata/UFSM/FATEC/PPGEF, 2003. CD-ROM.

THOMPSON, B. E. Seedling morphological evaluation. Research Associate, Silvicultural Research, **International Paper Company**, Corporate Research Center, P.O. Tuxedo Park, New York, p.65-68, 1985.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para Produção de Mudanças de Eucalyptus e Pinus. In **Nutrição e Fertilização florestal**. Editado por J. Leonardo de M. Gonçalves, Vanderlei Benedetti. Piracicaba: IPEF, 2000, 427p.

VITORINO, A.C.T.; ROSA JUNIOR, E.J.; DANIEL, O. Influência de diferentes combinações de doses de n-p-k no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em tubetes. **Revista Científica (UFMS)**, Campo Grande, v.3, n.1, p.27-33, 1996.

## **ANEXOS**



ANEXO A – Aspecto das parcelas identificadas com placas de coloração vermelho e branco, após a alternagem das mudas de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.





ANEXO B – Seqüência de operações realizadas no semeio de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.



A) Adubação de base incorporada ao substrato; B) Mistura da casca de pinus com a turfa e a adubação de base em betoneira; C) Substrato depois de misturado vai para a esteira; D) Da esteira o substrato ainda passa por uma peneira de 4 mm de malha para retirada de partículas muito grandes; E) Após a peneira o substrato volta para a esteira e é levado para o preenchimento dos tubetes; F) Telas encanteiradas entrando na sala de semeio; G) Telas sendo preenchidas com substrato; H) Operação de semeio; I) Operação de cobertura das sementes com vermiculita; e J) Tela pronta para ser levada a casa de vegetação.



ANEXO C – Aspecto da alternagem (passagem das mudas das telas para os aramados com aumento do espaçamento entre as mesmas). Santa Maria – RS. 2007.



Duas linhas cheias

Uma linha vazia

ANEXO D - Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para as variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (H/DC) das mudas de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.

| Fonte de Variação                  | GL | Quadrado Médio (QM) |            |              |
|------------------------------------|----|---------------------|------------|--------------|
|                                    |    | H (cm)              | DC (mm)    | H/DC         |
| Modelo                             | 3  | 8220,3368**         | 70,41871** | 2110,16548** |
| Resíduo                            | 49 | 5,48428             | 0,06035    | 2,00597      |
| CV (%)                             |    | 11,7863             | 13,2710    | 12,9901      |
| R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub> |    | 0,9886              | 0,9853     | 0,9838       |

\*\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

ANEXO E - Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para as variáveis dependentes Biomassa aérea (BA), biomassa radicular (BR) e relação biomassa radicular / biomassa aérea (BR/BA) das mudas de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.

| Fonte de Variação                  | GL | Quadrado Médio (QM) |           |           |
|------------------------------------|----|---------------------|-----------|-----------|
|                                    |    | BA (g)              | BR (g)    | BR / BA   |
| Modelo                             | 3  | 20,20146**          | 2,82071** | 2,55079** |
| Resíduo                            | 49 | 0,01267             | 0,00237   | 0,00444   |
| CV (%)                             |    | 12,4864             | 14,1565   | 17,5916   |
| R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub> |    | 0,9894              | 0,9856    | 0,9707    |

\*\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

ANEXO F – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.

| Fonte de Variação                  | GL | Quadrado Médio (QM)   |
|------------------------------------|----|-----------------------|
|                                    |    | IQD                   |
| Modelo                             | 3  | 0,21271 <sup>**</sup> |
| Resíduo                            | 49 | 0,00023571            |
| CV (%)                             |    | 16,5771               |
| R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub> |    | 0,9811                |

<sup>\*\*</sup> Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

ANEXO G – Graus de liberdade (GL) e Quadrado Médio (QM) para a variável dependente volume de raízes das mudas de *Pinus taeda* L. Santa Maria – RS. 2007.

| Fonte de Variação                  | GL | Quadrado Médio (QM)   |
|------------------------------------|----|-----------------------|
|                                    |    | Volume de raízes (mL) |
| Modelo                             | 3  | 587,27964**           |
| Resíduo                            | 49 | 0,62567               |
| CV (%)                             |    | 18,8946               |
| R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub> |    | 0,9730                |

\*\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.



ANEXO H – Aspecto das mudas de *Pinus taeda* L. em função da idade. Santa Maria – RS.  
2007.

